

# **Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb in Deutschland:**

## **Empirische Untersuchungen, Analyse und Diskussion**

Von der  
Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften  
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina  
zu Braunschweig

zur Erlangung des Grades einer  
**Doktor-Ingenieurin (Dr.-Ing.)**  
genehmigte

**Dissertation**

von  
Anne Lorenz  
geboren am 09.Mai 1984  
aus Perleberg

Eingereicht am: 23. November 2016

Disputation am: 03. März 2017

Berichterstatter: Prof. Dr. Jörn Pachl  
Prof. Dr. Mark Vollrath

2017



# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Symbolverzeichnis.....</b>	<b>VI</b>
<b>Bildverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>XI</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ziel und Motivation .....	1
1.2 Vorgehen .....	2
<b>2 Streckenkenntnis in Theorie und Praxis .....</b>	<b>4</b>
2.1 Gesetzliche Regelungen .....	4
2.1.1 Europäische Vorgaben.....	4
2.1.2 Deutschland.....	7
2.1.3 Ausland .....	15
2.2 Betrachtungen zur Entwicklung der Streckenkenntnis .....	22
2.2.1 Historische Entwicklungen und Stand der Technik .....	22
2.2.2 Entwicklungsmöglichkeiten.....	29
2.3 Bedeutung für die Marktteilnehmer .....	32
2.4 Beobachtungsfahrten.....	34
2.4.1 Güterzug .....	34
2.4.2 Reisezug.....	38
2.4.3 Zusammenfassung der beobachteten streckenkenntnisrelevanten Aspekte.....	40
2.5 Forschungsbedarf .....	40
2.5.1 Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs .....	40
2.5.2 Art und Umfang des Streckenkenntniserwerbs .....	42
2.5.3 Erhalt der Streckenkenntnis .....	43
2.5.4 Streckenkenntnisrelevante Aspekte.....	43
2.5.5 Gestaltung eines computerbearbeiteten Videos zum Streckenkenntniserwerb .....	43
2.5.6 Weitere zu beachtende Punkte.....	44
2.5.7 Zusammenfassung des Forschungsbedarfs.....	45
<b>3 Theoretische Grundlagen der durchgeführten Untersuchungen.....</b>	<b>46</b>
3.1 Auswahl der geeigneten Untersuchungsmethode.....	46

3.2	Onlinebefragung.....	47
3.2.1	Vor- und Nachteile .....	48
3.2.2	Wichtige Aspekte beim Erstellen eines Fragebogens .....	49
3.3	Experiment .....	53
3.3.1	Ziel eines Experiments.....	54
3.3.2	Typen von Variablen.....	54
3.3.3	Versuchsplan .....	55
3.4	Validität .....	56
3.5	Stichprobe und Repräsentativität .....	57
3.5.1	Befragung .....	58
3.5.2	Experiment .....	58
3.6	Exkurs: Grundlagen der Statistik und angewendeten statistischen Verfahren .....	59
3.6.1	Deskriptive Statistik.....	59
3.6.2	Inferenzstatistik.....	64
3.6.3	Inferenzstatistische Testverfahren.....	69
<b>4</b>	<b>Streckenkenntnis aus Sicht der Triebfahrzeugführer .....</b>	<b>80</b>
4.1	Untersuchungsgegenstand.....	80
4.1.1	Ziele .....	80
4.1.2	Fragestellungen .....	81
4.2	Methode.....	82
4.2.1	Operationalisierung.....	83
4.2.2	Erhebungsinstrument.....	85
4.2.3	Umfrageteilnehmer .....	99
4.2.4	Durchführung .....	101
4.2.5	Auswertung .....	102
4.3	Ergebnisse .....	102
4.3.1	Merkmale der befragten Tf .....	102
4.3.2	Meinungen der befragten Tf .....	105
4.4	Diskussion.....	115
4.4.1	Interpretation der Ergebnisse .....	116
4.4.2	Kritik zur Datenerhebung und Methodik .....	122
4.4.3	Fazit der Diskussion und Ausblick auf weitere Untersuchungen .....	124

4.5	Zusammenfassung.....	126
<b>5</b>	<b>Experimenteller Vergleich der Möglichkeiten zum Erwerb der Streckenkenntnis und Empfehlungen.....</b>	<b>127</b>
5.1	Untersuchungsgegenstand.....	127
5.1.1	Fragestellungen .....	128
5.1.2	Ziele und Hypothesen.....	128
5.2	Methode.....	129
5.2.1	Versuchsteilnehmer .....	129
5.2.2	Versuchsplan .....	131
5.2.3	Apparate und Materialien .....	145
5.2.4	Durchführung .....	154
5.2.5	Statistisches Vorgehen und angewendete Verfahren.....	157
5.3	Ergebnisse .....	157
5.3.1	Ergebnisse der Hypothesenprüfung.....	157
5.3.2	Ergebnisse der Nebenuntersuchung .....	191
5.3.3	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	195
5.4	Diskussion.....	200
5.4.1	Interpretation der Ergebnisse .....	200
5.4.2	Kritik zur Datenerhebung und Methodik .....	208
5.4.3	Fazit der Diskussion und Ausblick auf weitere Untersuchungen .....	213
5.5	Zusammenfassung.....	216
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>218</b>
6.1	Beantwortung der Fragestellungen.....	218
6.2	Weitere Ergebnisse .....	219
6.3	Empfehlungen für weitere Forschungen.....	220
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>222</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>230</b>

## Abkürzungsverzeichnis

AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
ANOVA	Varianzanalyse (engl.: analysis of variance)
AOI	Area of Interest
Asig	Ausfahrsignal
AV	Abhängige Variable
BAV	Bundesamt für Verkehr
Bf	Bahnhof
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BNetzA	Bundesnetzagentur
BÜ	Bahnübergang
Bw	Bahnbetriebswerk
CBT	Computerbasiertes Training
DB AG	Deutsche Bahn AG
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBL	Eisenbahnbetriebsleiter
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
EBuLa	elektronischer Buchfahrplans und Verzeichnis für Langsamfahrstellen
EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
ERA	Europäische Eisenbahnagentur / (engl.: European Union Railway Agency)
ESF	Energiesparendes Fahren
Esig	Einfahrsignal
ETCS	European Train Control System
EU	Europäische Union
EUB	Eisenbahnunfall-Untersuchungsstelle des Bundes
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
Fdl	Fahrdienstleiter
GDL	Gewerkschaft der Lokführer
Hp	Haltepunkt
IfEV	Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung
Indusi	Induktive Zugbeeinflussung

La	Zusammenstellung der vorübergehenden Langsamfahrstellen und anderer Besonderheiten
LSD	Least Significant Difference
LZB	Linienförmige Zugbeeinflussung
MFD	Modulares Führerraumdisplay
NS	Nederlandse Spoorwegen
ÖBB	Österreichischen Bundesbahn
ÖRil	Örtliche Richtlinien
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
Ril	Richtlinie
RIS	Rail Industry Standard
RSSB	Rail Safety and Standards Board
SMS	Sicherheitsmanagementsystem
SPSS	Statistical Program for Social Science
Tf	Triebfahrzeugführer
TfV	Triebfahrzeugführerscheinverordnung
Tfz	Triebfahrzeug
TSI	Technische Spezifikation Interoperabilität
UV	Unabhängige Variable
VDE	Verkehrsprojekt Deutsche Einheit
VDV	Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen
Ww	Weichenwärter
ZSB	Zusatzbestimmungen zur Signal- und Betriebsvorschrift

## Symbolverzeichnis

$\alpha$	Signifikanzniveau
$df$	Freiheitsgrad
$F$	F-Wert
$H_0$	Nullhypothese (= statische Hypothese)
$H_1$	Forschungs- bzw. Alternativhypothese (= inhaltliche Hypothese)
$M$	Arithmetisches Mittel/ Mittelwert
$MQS$	Mittlere Quadratsumme
$N$	Stichprobenumfang
$n$	Stichprobenumfang/ Umfang einer Gruppe
$p$	Wahrscheinlichkeit
$QS$	Quadratsumme
$s$	Standardabweichung
$s^2$	Stichprobenvarianz
$SD$	Standardabweichung
$U$	Anzahl der Rangplatzüberschreitungen zwischen zwei Gruppen
$U'$	Anzahl der Rangplatzunterschreitungen zwischen zwei Gruppen



## Bildverzeichnis

Bild 1: Screenshot des Videos der DB Regio AG Region Nordost zum Streckenkenntniserwerb .....	27
Bild 2: Bedienoberfläche GPSInfradat .....	28
Bild 3: Beispiel für die grafische Darstellung von Ergebnissen im Box-Whisker-Plot.....	61
Bild 4: Ausgabefenster „Einfaktorielle ANOVA“ .....	73
Bild 5: Ausgabefenster „Gruppenstatistik“ und „t-Test bei unabhängigen Stichproben“ .....	76
Bild 6: Frage 1 des Onlinefragebogens.....	89
Bild 7: Frage 2 des Onlinefragebogens.....	90
Bild 8: Frage 4 des Onlinefragebogens.....	91
Bild 9: Frage 5 des Onlinefragebogens.....	92
Bild 10: Frage 6 des Onlinefragebogens.....	92
Bild 11: Frage 7 des Onlinefragebogens.....	93
Bild 12: Frage 8 des Onlinefragebogens.....	94
Bild 13: Frage 10 des Onlinefragebogens.....	95
Bild 14: Frage 11 des Onlinefragebogens.....	96
Bild 15: Frage 12 des Onlinefragebogens.....	96
Bild 16: Frage 13 des Onlinefragebogens.....	97
Bild 17: Frage 14 des Onlinefragebogens.....	97
Bild 18: Frage 15 des Onlinefragebogens.....	98
Bild 19: Frage 16 des Onlinefragebogens.....	98
Bild 20: Erwerb der Streckenkenntnis bei einer neuen Strecke.....	106
Bild 21: Bewertung der Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs .....	108
Bild 22: Einschätzung der Häufigkeit des Fahrens mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis.....	111
Bild 23: Angemessenheit des Zeitraums für das Erlöschen der Streckenkenntnis .....	112
Bild 24: Anteil der Verkehrsarten verteilt auf die Gruppen .....	144
Bild 25: Aufteilung der Berufserfahrung auf die Gruppen .....	145
Bild 26: Der Fahrsimulator des Instituts für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung der TU Braunschweig [Foto: IfEV] .....	146
Bild 27: Versuchsteilnehmer mit Blickerfassungsbrille und Anordnung der Marker [Foto: Frank Arendholz, DB Regio AG].....	147
Bild 28: Screenshot vom computerbearbeiteten Video am Beispiel des „Fahrtanzeigers“ .....	150

Bild 29: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1, Strecke .....	159
Bild 30: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1, Fahrplan.....	160
Bild 31: Deskriptiv statistisches Ergebnis der Zusatzuntersuchung – AV 1, Strecke .....	165
Bild 32: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 2, Esig Frellendorf.....	169
Bild 33: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 2, Asig Frellendorf.....	170
Bild 34: Deskriptiv statistisches Ergebnis der Zusatzuntersuchung – AV 2, Asig Frellendorf.....	172
Bild 35: Boxplot – AV 4, Gesamtfahrzeit und Fahrzeit ohne Bremsen im Bahnhof .....	175
Bild 36: Boxplot – AV4, Fahrzeit „Tunnel“ und „Steigung“ .....	177
Bild 37: Deskriptiv statistisches Ergebnis der Zusatzuntersuchung – AV 4 .....	179
Bild 38: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 7 .....	182
Bild 39: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 8 .....	184
Bild 40: Deskriptiv statistisches Ergebnis – Auswirkung Berufserfahrung auf AV 5.....	188
Bild 41: Deskriptiv statistisches Ergebnis – Auswirkung Berufserfahrung auf AV 9.....	190
Bild 42: Antworten der Teilnehmer – Frage 19 .....	193
Bild 43: Vergleich der Altersstruktur der Grundgesamtheit mit der Stichprobe .....	211

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Themenbereiche in den Modulen der Ril 408 .....	14
Tabelle 2: Gegenüberstellung der Streckenkenntnisregelungen ausgewählter europäischer Länder .	21
Tabelle 3: Vor- und Nachteile der schriftlichen Befragung .....	47
Tabelle 4: Maße der zentralen Tendenz.....	62
Tabelle 5: Dispersionsmaße .....	63
Tabelle 6: Bezeichnung und Symbolisierung von Irrtumswahrscheinlichkeiten.....	67
Tabelle 7: Angewendete Signifikanztests.....	71
Tabelle 8: Zuordnung AV zu den untersuchenden Fragestellungen und den Fragen im Fragebogen..	83
Tabelle 9: Kategorisierung des Merkmals „Berufserfahrung“ .....	85
Tabelle 10: Verteilung der Merkmale „Vertrautheit der Strecken“, „Berufserfahrung“ und „Verkehrsart“ auf die befragten Tf.....	104
Tabelle 11: Deskriptiv statistisches Ergebnis zum Erwerb der Streckenkenntnis.....	106
Tabelle 12: Deskriptiv statistisches Ergebnis zur Bewertung der Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs.....	107

Tabelle 13: Deskriptiv statistisches Ergebnis zur Wichtigkeit einzelner Teilaspekte für Streckenkenntnis.....	113
Tabelle 14: Deskriptiv statistisches Ergebnis zur Wichtigkeit in den Bereichen der Verkehrsarten...	115
Tabelle 15: Deskriptiv statistisches Ergebnis zur Wichtigkeit in den Bereichen der Streckenarten ...	115
Tabelle 16: Darstellung des Versuchsplans .....	131
Tabelle 17: Übersicht – Zuordnung der AV und UV zu den Zielen eines Tf, Art der Daten und den Hypothesen .....	134
Tabelle 18: Zusammenfassung des Versuchsablaufs .....	156
Tabelle 19: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1, MFD.....	161
Tabelle 20: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der Bedingung „Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs“ – AV 1 .....	162
Tabelle 21: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1 Strecke, einzelne Bereiche.....	163
Tabelle 22: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1 Fahrplan, einzelne Bereiche.....	163
Tabelle 23: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1 MFD, einzelne Bereiche .....	164
Tabelle 24: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV – AV 1, einzelne Bereiche .....	165
Tabelle 25: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV1 mit Messwiederholung, Fahrplan.....	166
Tabelle 26: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV1 mit Messwiederholung, MFD .....	166
Tabelle 27: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV der Messwiederholung – AV 1 .....	168
Tabelle 28: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV der Messwiederholung – AV 3 .....	174
Tabelle 29: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 4 .....	175
Tabelle 30: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 4, einzelne Bereiche.....	176
Tabelle 31: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV – AV 4, Steigung.....	178
Tabelle 32: Deskriptiv statistisches Ergebnis der Zusatzuntersuchung – AV 4, einzelne Bereiche.....	179
Tabelle 33: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV der Messwiederholung – AV 4 .....	180
Tabelle 34: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV – AV 7 .....	183
Tabelle 35: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV – AV 8 .....	184
Tabelle 36: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der Berufserfahrung – AV 5 .....	189

Tabelle 37: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der Berufserfahrung – AV 9 .....	190
Tabelle 38: Verteilung der Antworten auf die Frage 17 auf die Stufen der UV .....	192
Tabelle 39: Hypothesenbewertung anhand der AV 1 bis 9.....	201

## Abstract

Train drivers are only permitted to drive on a public railway infrastructure in Germany if they have the required knowledge of the route, which means that they are familiar with all specifics and characteristics of the route such as locations of the signals or shortened braking distances. Route knowledge is usually obtained by accompanying an experienced driver. This approach is organisationally difficult and time consuming. This thesis deals with the analysis and assessment of various possibilities to obtain route knowledge in Germany. Based on an analysis of the current practice (national and international) and associated problems the need is shown to analyse how modern technology can be used to convey successfully route knowledge more easily and with greater flexibility. The following questions are considered:

1. Is the use of modern media as suitable as traditional methods (such as accompanying an experienced driver) for obtaining route knowledge?
2. Is it sufficient to drive with limited route knowledge (where the train driver has studied operational documents but has not seen the route)?

The questions were answered using the following criteria: “Safety”, “Punctuality”, “Economic efficiency” and “Subjective well-being”, which were developed and defined as part of the thesis.

As there is hardly any existing literature about “route knowledge”, an online survey of train drivers (559 respondents) was conducted. Based on the results, a simulator study was carried out at the virtual railway laboratory at the Institute of Railway Systems Engineering and Traffic Safety. The study compared the two approaches “driving accompanied by a person with route knowledge” (traditional approach, most used) and Computer-based Route Knowledge Training (CBT) (a seldom used method, but one which benefits greatly from modern technology). All 31 participants of the simulator study were persons working as train drivers.

Regarding the first question, evaluation of the visual data, observation of the driving time trends and the driver’s statements regarding subjective well-being all suggest that both researched methods to obtain route knowledge are equally well suited. Regarding the second question, due to the tendencies in the results for punctuality and the driver’s statements regarding subjective well-being hint to the fact that it is better to drive with full route knowledge than with limited route knowledge only. The criterion “Safety” cannot be conclusively assessed because not all safety-related aspects are known but there are tendencies pointed out that driving with route knowledge is safer compared to driving with limited route knowledge without speed restrictions.

In addition to answering the research questions, recommendations are given for the further development of the German regulation about “Route knowledge” called “Streckenkenntnis-Richtlinie (VDV-Schrift 755)” as well as for the design and information to be conveyed by a CBT. Finally, some ideas for future research are discussed.



# 1 Einleitung

## 1.1 Ziel und Motivation

Die Europäische Union (EU) hat sich zum Ziel gesetzt, den europäischen Eisenbahnsektor zu harmonisieren<sup>1</sup>. Die technischen Vorschriften sollen dabei schrittweise aneinander angepasst und zu erreichende gemeinsame Sicherheitsmethoden sowie -ziele für das gesamte europäische Eisenbahnsystem festgelegt werden.<sup>2</sup> Für die Sicherheit und auch für die Interoperabilität des europäischen Eisenbahnnetzes sind die Ausbildung und Kompetenzen der Tf sehr wichtig. Daher müssen ebenfalls die Kriterien für die berufliche Befähigung von Tf in der EU harmonisiert werden. Davon betroffen sind auch die Regelungen zur Streckenkenntnis.

Durch das eigene Anschauen der Strecke und die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen erwirbt der Triebfahrzeugführer (Tf) Kenntnisse über die Besonderheiten der Strecke – die sogenannte *Streckenkenntnis*.<sup>3</sup> Diese wird für die eigenverantwortliche sichere und fahrplanmäßige Befahrung der Strecke über Signale und Fahrplanunterlagen hinaus benötigt. Beispielsweise gehören dazu Signalstandorte, die von den Planungsregeln abweichen, Verzicht auf die Signalisierung von Geschwindigkeitswechseln oder verkürzte Bremswegabstände.

Für vertikal integrierte nationale Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU), deren Tf regelmäßig größere Teile des Netzes befahren und nach einheitlichen Richtlinien aus- und fortgebildet werden, sollte das Vermitteln der Streckenkenntnis durch Mitfahrten oder selbständiges Befahren in Begleitung einer streckenkundigen Person keine Schwierigkeiten darstellen.<sup>4</sup> Jedoch sind die Vorgaben zur Streckenkenntnis – bedingt durch den freien Netzzugang und der daraus resultierenden Zunahme des Bahnbetriebs über die landeseigenen Grenzen hinaus sowie einer Vielzahl auf dem Netz fahrender EVU – nicht immer organisatorisch problemfrei umzusetzen.

Gerade vor diesem Hintergrund liegt es nahe, weniger zeitaufwendige und nicht an bestimmte Mitfahrten sowie streckenkundige Personen gebundene Möglichkeiten zum effektiven Streckenkenntniserwerb in Erwägung zu ziehen. Bereits in den aktuellen Regelungen kommt neben Mitfahrten z.B. auch das Anschauen von Filmaufnahmen mit originalgetreuer Streckenabbildung zum Streckenkenntniserwerb in Betracht. Heutzutage besteht darüber hinaus die Möglichkeit, weitere streckenkenntnisrelevante Informationen interaktiv im Film anzuzeigen. Doch stellt sich die Frage, ob diese Methoden genauso gut geeignet sind wie z.B. die klassische Mitfahrt. Gemäß der EU-Regelungen sollten Mitfahrten zum Streckenkenntniserwerb vorgezogen werden. Begründet wird dies jedoch nicht weiter. Generell sollten alle Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb miteinander verglichen werden, um herauszufinden, ob und welche Methoden zum effektiven Erlernen der Streckenkenntnis geeignet sind. Aus diesen Überlegungen ergibt sich die erste Fragestellung der Arbeit:

### **1. Ist der Einsatz moderner Medien zum Streckenkenntniserwerb genauso geeignet wie traditionelle Methoden (wie z.B. die Mitfahrt)?**

---

<sup>1</sup> Vgl. EBA (2016d), o. S.

<sup>2</sup> Vgl. Verordnung (EG) NR. 881/2004.

<sup>3</sup> Vgl. EBA (2016b), o. S.; **ebenso** VDV-Schrift 755, S.11.

<sup>4</sup> Vgl. Pacht (2003), S. 12.

Innerhalb Deutschlands und auch anderen Ländern wie z.B. Österreich ist das Fahren mit sogenannter *eingeschränkter Streckenkenntnis*<sup>5</sup> bei reduzierter Geschwindigkeit erlaubt. Die EU gibt grundsätzlich vor, dass ohne Streckenkenntnis nicht gefahren werden darf. Der Begriff „eingeschränkte Streckenkenntnis“ wird dabei noch nicht erwähnt. Dies soll sich gemäß eines Berichts der Europäischen Eisenbahnagentur (ERA) zukünftig ändern.<sup>6</sup> Demnach soll es im Ermessensspielraum des Infrastrukturbetreibers liegen, ob in Ausnahmefällen ohne Streckenkenntnis oder mit eingeschränkter Streckenkenntnis auf der Strecke gefahren werden kann.

Ohne die Möglichkeit des Fahrens mit eingeschränkter Streckenkenntnis ist ein EVU wesentlich unflexibler beim Durchführen der Fahrten und dem Einsatz der Tf. Außerdem ist mit einem deutlich höheren Mehraufwand aufgrund von entsprechenden Schulungen zu rechnen. Daher soll folgende zweite Fragestellung mit der vorliegenden Arbeit untersucht werden:

### **2. Ist eingeschränkte Streckenkenntnis (d.h. das Befahren einer Strecke nur nach Einsicht in betriebliche Unterlagen) zum Befahren einer Strecke ausreichend?**

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die beiden hergeleiteten Fragestellungen zu beantworten. Dazu werden die Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs miteinander verglichen. Der Fokus liegt darauf, den Einsatz moderner Medien zum Streckenkenntniserwerb mit den traditionellen Methoden wie z.B. die Mitfahrt zu vergleichen. Das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis wird in den Vergleich mit einbezogen. Um die Möglichkeiten miteinander zu vergleichen, sind sinnvolle Kriterien zur Beurteilung herzuleiten.

Da mittels Literaturrecherche keine weiteren Studien gefunden wurden, die sich mit diesem Thema beschäftigten, wurde sich dazu entschieden, Kenntnisse mithilfe von empirischen Untersuchungen zu gewinnen. Die Ergebnisse dieser Arbeit gelten für Deutschland. Eine Übertragung auf andere Länder ist aufgrund noch existierender größerer Unterschiede im infrastrukturellen und betrieblichen Bereich nicht oder nur bedingt möglich.

Im Folgenden wird das Vorgehen zur Erreichung des Ziels innerhalb der vorliegenden Arbeit beschrieben.

## **1.2 Vorgehen**

Im Kapitel 2 werden zunächst die gesetzlichen Regularien zur Thematik „Streckenkenntnis“ innerhalb Europas, in Deutschland und in anderen ausgewählten Ländern erläutert. Danach werden sowohl ein Blick auf die historische Entwicklung der Streckenkenntnis geworfen als auch Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt. Des Weiteren wird auf die Bedeutung von Streckenkenntnis für die Marktteilnehmer eingegangen und es erfolgt die Darstellung aller streckenkenntnisrelevanten Aspekte, die im Rahmen von Beobachtungsfahrten im Führerstand festgestellt worden sind. Abschließend wird der sich aus den Betrachtungen ergebende Forschungsbedarf aufgezeigt. Im Rahmen dessen erfolgt auch das Herleiten der Bewertungskriterien für den Vergleich der Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb.

---

<sup>5</sup> Der Tf hat die Strecke nicht gesehen, aber Kenntnisse über diese durch die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen erlangt.

<sup>6</sup> Vgl. ERA (2016), S. 14.



Das dritte Kapitel der vorliegenden Arbeit bildet die theoretische Grundlage für die angewendeten Untersuchungen. Es behandelt die Methoden und Techniken der Untersuchungen, die für die Ausarbeitungen in der vorliegenden Arbeiten genutzt worden sind. Dabei werden vor allem die in den Kapiteln 4 und 5 verwendeten Begriffe erklärt und zu berücksichtigende Aspekte erläutert. Das Kapitel schließt mit einem umfassenden Exkurs zu den statistischen Grundlagen sowie den angewendeten Verfahren zur Ergebnisauswertung der Untersuchungen.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit der Onlinebefragung, die durchgeführt worden ist, um einerseits die Bedeutung der Thematik „Streckenkenntnis“ für Tf und andererseits die aktuelle Situation in Deutschland zu erfassen. Es wird zunächst auf die konkreten Ziele und Fragestellungen der Erhebung sowie das methodische Vorgehen eingegangen. Danach werden die Ergebnisse präsentiert und abschließend diskutiert, um Empfehlungen zu geben und auf den Erkenntnissen der Onlinebefragung aufbauend eine vertiefende Untersuchung am Fahrsimulator durchführen zu können.

Um die Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb miteinander zu vergleichen, wurde eine Simulatorstudie am Fahrsimulator des virtuellen Eisenbahnbetriebslabors des Instituts für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung (IfEV) der TU Braunschweig durchgeführt. Im fünften Kapitel wird ausführlich über das Experiment berichtet, indem zuerst die genauen Fragestellungen hergeleitet und die Ziele sowie Hypothesen aufgeführt werden. Danach wird die angewendete Methode erläutert. Die Ergebnisse werden dargestellt und diskutiert.

Abschließend werden im Kapitel 6 die beiden Fragestellungen beantwortet und weitere Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst. Außerdem werden Empfehlungen für weitere Untersuchungen gegeben.

## 2 Streckenkenntnis in Theorie und Praxis

Im vorliegenden Kapitel wird zunächst erläutert, welche Rolle „Streckenkenntnis“ in den europäischen Vorgaben, in den für Deutschland geltenden Regelwerken und im Ausland spielt. Dies wird ergänzt durch Betrachtungen zur Entwicklung der Streckenkenntnis. Dabei werden u.a. Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Außerdem wird auf die Bedeutung von Streckenkenntnis für die Marktteilnehmer eingegangen. Weiterhin erfolgt die Darstellung aller streckenkenntnisrelevanten Aspekte, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Beobachtungsfahrten im Führerstand gemacht worden sind. Abschließend werden alle Betrachtungen zusammengeführt und der zu untersuchende Forschungsbedarf sowie zu berücksichtigende Aspekte aufgezeigt.

Bis auf die Betrachtung der Streckenkenntnisregeln anderer Ländern beziehen sich alle übrigen Betrachtungen sowohl in diesem Kapitel als auch in der ganzen vorliegenden Arbeit auf Deutschland.

### 2.1 Gesetzliche Regelungen

Zwischen den Eisenbahnsystemen der europäischen Länder gibt es nicht nur wesentliche Unterschiede im betrieblichen Ablauf oder der Infrastruktur (z.B. unterschiedliche Spurweiten und Spannungen in den Fahrleitungen), sondern auch nichtkompatible Zugsteuerungs- und Zugsicherungssysteme<sup>7</sup>. Diese nationale Ausrichtung entwickelte sich in Europa, da in der Vergangenheit jedes Land seine eigene Technik entwickelte und nicht über Ländergrenzen hinaus gedacht wurde.

Wegen der unterschiedlichen technischen Voraussetzungen unterscheiden sich die betrieblichen Regelungen der einzelnen Länder teilweise stark. Davon betroffen sind z.B. die Regelungen zum Umgang mit Streckenkenntnis. Daher hat sich die EU zum Ziel gesetzt, den europäischen Eisenbahnsektor zu harmonisieren<sup>8</sup>.

Das Europäische Recht bildet die Grundlage für viele der in Deutschland geltenden Rechtsgrundlagen für das Eisenbahnwesen.<sup>9</sup> Oft werden die Europäischen Regelungen zum Eisenbahnwesen durch das nationale Gesetzgebungsverfahren in die deutschen Gesetze umgesetzt. Bei dieser Umsetzung von europäischen Gesetzesinitiativen in nationales Recht unterstützt das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).

Das vorliegende Kapitel gibt zunächst einen kurzen Überblick über die in Europa festgelegten Regeln zum Umgang mit Streckenkenntnis. Danach werden die Regelungen in Deutschland vorgestellt und es erfolgt ein Vergleich der Regeln zur Streckenkenntnis in Deutschland und anderen Ländern Europas.

#### 2.1.1 Europäische Vorgaben

Die nationalen Vorschriften und Sicherheitsvorschriften in den 28 Mitgliedsstaaten der EU sind teilweise kaum miteinander vereinbar und behindern die Weiterentwicklung des Eisenbahnsektors.<sup>10</sup> Die ERA versucht, die technischen Vorschriften schrittweise aneinander anzugleichen und zu errei-

---

<sup>7</sup> Vgl. Hegger et al. (2008), S. 343.

<sup>8</sup> Vgl. EBA (2016d), o. S.

<sup>9</sup> Vgl. ebd., o. S.

<sup>10</sup> Vgl. Verordnung (EG) NR. 881/2004, S. 3.

chende gemeinsame Sicherheitsmethoden sowie -ziele für das gesamte europäische Eisenbahnsystem festzulegen.

Für die Sicherheit und für die Interoperabilität des europäischen Eisenbahnnetzes sind die Ausbildung und Kompetenzen der Tf sehr wichtig.<sup>11</sup> Zu den Aufgaben der ERA zählt daher auch die Harmonisierung der Kriterien für die berufliche Befähigung von Tf in der EU. Diese muss entsprechend der Richtlinie (Ril) 2007/59/EG zur Zertifizierung von Tf erfolgen. Dazu hat die Agentur mit den zuständigen Behörden zusammenzuarbeiten.

Im Folgenden werden die aktuellen Regelungen der Ril 2007/59/EG und Ril 2004/49/EG zur Streckenkenntnis sowie deren Schulung vorgestellt. Da der Autorin der vorliegenden Arbeit ein Bericht<sup>12</sup> der ERA mit Vorschlägen zur Überarbeitung der Ril 2007/59/EG vorliegt, werden danach die Streckenkenntnis betreffenden Änderungsvorschläge dargestellt.

### 2.1.1.1 Aktuelle Regelungen

Gemäß Artikel 13 Absatz 2 der Ril 2007/59/EG muss sich ein Bewerber um eine Fahrerlaubnis und Zusatzbescheinigung<sup>13</sup> u.a. einer Überprüfung seiner Befähigung für die jeweiligen Infrastrukturen unterziehen. Diese Prüfung beinhaltet nach Anhang VI der Richtlinie auch die „Kenntnis der Strecke“. Dort heißt es weiter, dass der Tf die Strecken, Bahnanlagen und alternative Streckenführungen kennen muss. Dies sei wichtig, damit er<sup>14</sup> vorausschauend fahren und angemessen reagieren kann. Nur so sei sicheres, pünktliches und wirtschaftliches Fahren gewährleistet. Eine Vielzahl an dabei zu beachtenden Aspekten wird zusätzlich im Anhang VI genannt. Auf jene wird an dieser Stelle jedoch nicht weiter eingegangen, da die Aspekte in den nationalen Regelungen (VDV-Schrift 755) übernommen worden sind und weiter unten aufgeführt werden.

Weiterhin ist im Artikel 23 Absatz 6 geregelt, dass vom Mitgliedsstaat, in dem sich die Infrastruktur befindet, zugelassene Personen oder Stellen Ausbildungsaufgaben u.a. im Bereich der Streckenkenntnis wahrnehmen. Ebenfalls von diesen Personen oder Stellen erfolgt auch u.a. die Bewertung der Streckenkenntnis, wie durch den Artikel 25 Absatz 3 der Richtlinie festgelegt wird.

Gemäß des Anhang VII sind neben anderen Kenntnissen – wie z.B. Fahrzeugkenntnisse – Streckenkenntnisse immer alle drei Jahre und spätestens dann, wenn eine Strecke länger als ein Jahr nicht befahren wurde, zu überprüfen.

Außerdem wird im Anhang III der Ril 2007/59/EG aufgeführt, dass beim Streckenkenntniserwerb die Methode der Mitfahrt im Führerraum bei einem anderen streckenkundigen Tf favorisiert werden sollte. Diese Mitfahrten sollten am Tag und nachts erfolgen. Alternativ zur Methode der Mitfahrt sei auch das Anschauen eines Videos der Strecke aus Sicht des Führerraums möglich.

Jeder Mitgliedsstaat hat die Vorgaben der EU zum Umgang mit Streckenkenntnis in nationale Regeln umzusetzen, wobei weitere EU-Richtlinien zu beachten sind. In Artikel 13 Absatz 1 der Ril 2004/49/EG ist festgelegt, dass allen Eisenbahnunternehmen der faire und diskriminierungsfreie

---

<sup>11</sup> Vgl. Verordnung (EG) NR. 881/2004, S. 6 und 21.

<sup>12</sup> Vgl. ERA (2016), o.S.

<sup>13</sup> Ein Tf erhält nur die Fahrberechtigung, wenn er im Besitz einer gültigen Fahrerlaubnis und einer Zusatzbescheinigung ist (siehe Kapitel 2.1.2.1).

<sup>14</sup> Im Sinne einer besseren Lesbarkeit wurde in der vorliegenden Arbeit die männliche Form gewählt. Dies schließt keinesfalls weibliche Tf aus.

Zugang zu den Schulungsmöglichkeiten zu gewährleisten ist. Dies sei durch die Mitgliedstaaten zu ermöglichen, aber auch nur notwendig, wenn derartige Schulungen für die Erfüllung von Anforderungen zur Erlangung der Sicherheitsbescheinigung<sup>15</sup> vorausgesetzt sind. Die angebotenen Schulungen müssen u.a. die erforderlichen Streckenkenntnisse vermitteln. Die Schulungen haben mit den durch die Technische Spezifikation Interoperabilität (TSI) oder in nationalen Sicherheitsvorschriften nach Artikel 8 und Anhang II der Ril 2004/49/EG vorgeschriebenen Sicherheitsanforderungen im Einklang zu stehen. Dafür hat die Sicherheitsbehörde Sorge zu tragen.

Im Artikel 8 Absatz 1 Ril 2004/49/EG ist vereinbart, dass die Mitgliedstaaten verbindliche nationale Sicherheitsvorschriften festlegen müssen. Diese sind von den Mitgliedsstaaten zu veröffentlichen, damit sie allen Fahrwegbetreibern und Eisenbahnunternehmen zur Verfügung stehen. Voraussetzung zur Nutzung der Eisenbahninfrastruktur ist nach Artikel 10 Absatz 1 Ril 2004/49/EG das Vorliegen einer Sicherheitsbescheinigung. Dazu müssen die Unternehmen u.a. nachweisen, dass sie die nationalen Sicherheitsvorschriften erfüllen. Unter „nationale Sicherheitsvorschriften“ werden gemäß Artikel 3 Buchstabe h alle Vorschriften verstanden, die auf Ebene des Mitgliedstaats erlassen worden sind und Anforderungen an die Eisenbahnsicherheit enthalten sowie für mehr als ein Eisenbahnunternehmen gültig sind.

### 2.1.1.2 Geplante Regeländerungen

Im Bericht der ERA wird mit der Änderung des Artikels 4 der Ril 2007/59/EG vorgeschlagen, dass das Fahren ohne Streckenkenntnis möglich sein sollte, wenn dies die Betriebsvorschriften der betreffenden Infrastruktur erlauben.<sup>16</sup> Wenn dieser Vorschlag umgesetzt werden würde, wäre das Fahren ohne Streckenkenntnis (und somit auch mit eingeschränkter Streckenkenntnis) auf europäischer Ebene geregelt.

Im Bericht wurde des Weiteren das Aufführen der Streckenkenntnis in der Zusatzbescheinigung diskutiert.<sup>17</sup> Es gibt wesentliche Unterschiede zwischen den Ländern: Während in Deutschland Streckenkenntnis nicht in der Zusatzbescheinigung aufgeführt wird, sondern das EVU verpflichtet ist, diese im Rahmen seines Sicherheitsmanagementsystems (SMS) zu dokumentieren, wird z.B. in Frankreich der Ansatz verfolgt, die Berechtigung für die einzelnen Strecken in der Zusatzbescheinigung aufzuführen. Anschließend an die Diskussion und zwei Fallstudien empfiehlt die ERA im Sinne der Harmonisierung, dass folgende Punkte in der Zusatzbescheinigung künftig aufgeführt werden sollten:

- Betriebliche Grundsätze einschließlich nationaler Betriebsverfahren
- Blocksystem
- Automatisches Zugsicherungssystem (ATP-System)
- Signalsystem
- Verkehrskategorien (z.B. Kategorie A für Rangierbewegungen für einen definierten Bereich)
- Sonderregelungen

---

<sup>15</sup> Zur Nutzung der Eisenbahninfrastruktur muss das EVU über eine Sicherheitsbescheinigung verfügen (siehe auch weiter unten innerhalb dieses Kapitels).

<sup>16</sup> Vgl. ERA (2016), S. 14.

<sup>17</sup> Vgl. ERA (2016), S. 63 f.

Diese Elemente decken die wesentlichen Kenntnisse für einen Tf ab, damit dieser die Besonderheiten einer Strecke verstehen kann. Daher sollten jene regelmäßig geprüft werden. Auch wenn die Streckenkenntnis nicht explizit in der Zusatzbescheinigung aufgeführt werden soll, wird im Bericht betont, dass Streckenkenntnis im Rahmen des SMS des Eisenbahnunternehmens dokumentiert werden sollte und dort u.a. ebenfalls festgelegt werden sollte, auf welche Art und Weise Streckenkenntnis zu erwerben und aufrechtzuerhalten ist.

Des Weiteren schlägt die ERA vor, die Begriffe „Prüfung“ und „Kompetenzcheck“ klarer zu definieren, denn derzeit wurde die Thematik „Prüfung“ von den Ländern unterschiedlich aufgefasst.

### 2.1.2 Deutschland

In Deutschland übernimmt das EBA die Aufgabe der Aufsichts-, Genehmigungs- und Sicherheitsbehörde für Eisenbahnen und EVU.<sup>18</sup> Mehr als zwei Drittel aller EVU in Deutschland werden vom EBA, einige Regionalbahnen von den Bundesländern überwacht. In vielen Fällen übertragen diese jedoch die Aufsicht an das EBA. Zu den Aufgabengebieten der Behörde zählen neben der Eisenbahnaufsicht u.a. die Fahrzeugzulassung, aber auch verschiedene Aufgaben im internationalen Kontext. Im Rahmen der Eisenbahnaufsicht überprüft das EBA die Einhaltung der geltenden rechtlichen Vorschriften und Sicherheitsanforderungen durch die Eisenbahnunternehmen und übernimmt somit auch die Aufsicht über den Bahnbetrieb. Darunter fällt auch das Thema „Streckenkenntnis“.

Damit ein Tf auf Schienenwegen öffentlicher Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) Eisenbahnfahrzeuge führen darf, muss er die dafür erforderliche Streckenkenntnis besitzen.<sup>19</sup> Der Unternehmer hat dem Tf die erforderlichen Informationen zur Streckenkenntnis zu vermitteln. Wie das Erwerben, die Dokumentation und die Überwachung der Streckenkenntnis erfolgt, hält der Unternehmer in seinem Sicherheitsmanagement fest.

Das EBA hat eine Triebfahrzeugführerscheinstelle eingerichtet, die somit für die behördlichen Aufgaben der Erteilung des Triebfahrzeugführerscheins in Deutschland und des Führens des Registers dieser in ganz Europa gültigen Führerscheine verantwortlich ist<sup>20</sup>. Mit der Triebfahrzeugführerscheinverordnung (TfV) wurde die Ril 2007/59/EG in nationales Recht umgesetzt.

Weiterhin wurde die Ril 2004/49/EG in mehreren deutschen Sicherheitsvorschriften berücksichtigt. Zu diesen zählen vor allem die für die Eisenbahnsicherheit relevanten Bundesgesetze und Verordnungen sowie insbesondere interne Dienstvorschriften der Deutschen Bahn AG (DB AG) und Richtlinien des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV). In der Mitteilung der Regierung der Bundesrepublik Deutschland an die Kommission der Europäischen Gemeinschaften vom 25. Januar 2008<sup>21</sup> wird darauf verwiesen, dass u.a. die genannten Vorschriften der DB AG und des VDV sowie DIN-Vorschriften zu den anerkannten Regeln der Technik gemäß § 2 Absatz 1 der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) gehören. Deren Befolgung ist Voraussetzung zur Wahrung der Eisenbahnsicherheit.

---

<sup>18</sup> Vgl. EBA (2016a), o. S.

<sup>19</sup> Vgl. EBA (2016b), o. S.

<sup>20</sup> Vgl. EBA (2016c), o. S.

<sup>21</sup> Vgl. Regierung der Bundesrepublik Deutschland (2008), o.S.

Folgende der in der Mitteilung genannten nationalen Sicherheitsvorschriften für das Eisenbahnsystem in Deutschland sind für Streckenkenntnis relevant:

- Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG)
- Streckenkenntnis-Richtlinie – VDV-Schrift 755
- Ril 408 Züge fahren und Rangieren
- Ril 492 Triebfahrzeuge führen

Im Folgenden wird auf die benannten streckenkenntnisrelevanten Dokumente und die TfV näher eingegangen. Da in der Ril 492.0755 der DB AG die VDV-Schrift 755 unverändert übernommen wurde, wird nicht weiter auf die Ril 492 eingegangen<sup>22</sup>.

### 2.1.2.1 Triebfahrzeugführerscheinverordnung

Im Mai 2011 trat in Deutschland die TfV in Kraft<sup>23</sup>. Die TfV ist für alle Eisenbahnen gültig, die eine Sicherheitsbescheinigung oder eine Sicherheitsgenehmigung benötigen und sich auf öffentlichen Eisenbahninfrastrukturen bewegen.<sup>24</sup> Mit dieser Verordnung werden u.a. die Anforderungen an die Ausbildung und die Überwachung von Tf geregelt.

Die Fahrtberechtigung zum eigenständigen Fahren eines Triebfahrzeugs ist gemäß des § 3 Absatz 1 TfV durch einen Triebfahrzeugführerschein und einer Zusatzbescheinigung nachzuweisen. In der Zusatzbescheinigung ist festgehalten, mit welchen Betriebsverfahren, Zugbeeinflussungs-, Signalsystemen und mit welchen Fahrzeugen der Tf die öffentlichen Schienenwege nutzen darf.

Weiterhin ist im § 9 Absatz 6 TfV aufgeführt, dass die Streckenkenntnis nicht in der Zusatzbescheinigung dokumentiert wird. Der Unternehmer ist dazu verpflichtet dem Tf die notwendigen Informationen zur Streckenkenntnis zu vermitteln. Im Rahmen seines SMS wird vom Unternehmer festgelegt, wie die Streckenkenntnis zu erwerben, zu dokumentieren und zu überwachen ist.

In der Anlage 7 der TfV „Infrastrukturbezogene Fachkenntnisse für den Erwerb der Zusatzbescheinigung“ ist unter Punkt 3 (Kenntnis der Bahnanlagen) aufgeführt, dass der Tf vorausschauend und energiesparend fahren muss. Weiterhin muss er bezogen auf Sicherheit, Pünktlichkeit und Wirtschaftlich angemessen reagieren können. Über die Kenntnisse zu Signalen und Fahrplanunterlagen hinaus ist es notwendig, dass der Tf die Besonderheiten einer Strecke kennt, um sie eigenständig verantwortlich, sicher, fahrplanmäßig und wirtschaftlich befahren zu können (= Streckenkenntnis). Dazu zählen ebenfalls die Fahrwege in den Bahnhöfen, die im Rahmen von Rangierfahrten vor und nach der Zugfahrt zu befahren sind. Zusätzlich muss er über Kenntnisse zu alternativen Streckenführungen verfügen. Welche Aspekte zur Kenntnis der Bahnanlagen wichtig sind, ist ebenfalls dort aufgeführt. Da diese Aspekte in der VDV-Schrift 755 verankert sind und somit im Kapitel 2.1.2.3 aufgeführt sind, werden sie hier nicht weiter genannt.

---

<sup>22</sup> Eine aktualisierte Ausgabe der VDV-Schrift 755 ist im August 2016 zur Veröffentlichung freigegeben worden. Eine entsprechende Aktualisierung im Regelwerk 492.0755 der DB AG erfolgte noch nicht, ist aber in Planung. [Vgl. Walther (2016a), o. S.]

<sup>23</sup> Vgl. EBA (2016c), o. S.

<sup>24</sup> Vgl. § 1 Absatz 1 TfV.

Gemäß Anlage 8 kann durch das eigene Anschauen der Strecke und durch die Einsichtnahme in betriebliche Unterlagen Streckenkenntnis erlangt werden. Dabei bestehen beim Anschauen der Strecke folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Fahren in Begleitung einer streckenkundigen Person
- Mitfahren im Führerraum
- Studium von Filmaufnahmen mit originalgetreuer Streckenabbildung
- Simulatorfahrten mit originalgetreuer Streckenabbildung
- Begehen der Infrastruktur

### 2.1.2.2 Allgemeines Eisenbahngesetz

§ 7e AEG<sup>25</sup> regelt den Zugang zu Schulungsmöglichkeiten. Demnach sind EIU gemäß Absatz 1 dazu verpflichtet, *„dem Fahr- und Begleitpersonal der Eisenbahnverkehrsunternehmen die erforderlichen Streckenkenntnisse [...] durch Schulungen zu vermitteln[...]“*. Der nichtdiskriminierungsfreie Zugang zu den Schulungseinrichtungen ist dabei für EVU, EIU sowie Tf und Auszubildende zu gewähren.

### 2.1.2.3 VDV-Schrift 755 („Streckenkenntnis-Richtlinie“)

Bei der VDV-Schrift 755 – auch „Streckenkenntnis-Richtlinie“ genannt – handelt es sich um die Richtlinie, die den Erwerb, den Erhalt und die Überwachung der Streckenkenntnis auf Schienenwegen öffentlicher Betreiber der Schienenwege regelt.<sup>26</sup> Die VDV-Schrift 755 wurde in den letzten Jahren überarbeitet, die Aktualisierung ist im August 2016 zur Veröffentlichung freigegeben worden<sup>27</sup>.

Die VDV-Schrift 755 ist in folgende Abschnitte unterteilt:

- 1 Allgemeines
- 2 Grundsätze
- 3 Erwerb der Streckenkenntnis
- 4 Erlöschen und Wiedererwerb der Streckenkenntnis
- 5 Erwerb von und Einsatz mit eingeschränkter Streckenkenntnis
- 6 Fahren ohne Streckenkenntnis
- 7 Verzeichnis der Anlagen

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Inhalte der einzelnen Abschnitte zusammengefasst wiedergegeben. Dabei werden gleichzeitig die zum Schluss der VDV-Schrift 755 als Anlage 5 aufgeführten Erläuterungen berücksichtigt.

---

<sup>25</sup> Durch § 7e AEG wurde der Artikel 13 Absatz 1 der Ril 2004/49/EG umgesetzt.

<sup>26</sup> Vgl. VDV-Schrift 755, S. 1.

<sup>27</sup> Vgl. VDV (2016), S. 1.

### 1. Allgemeines

Im ersten Teil werden sowohl der Geltungsbereich geregelt als auch Begriffsbestimmungen entsprechend der VDV-Schrift 755 aufgeführt. Dabei wird u.a. der Begriff „Streckenkenntnis“ bestimmt. Diese Definition ist bereits zu Beginn des zweiten Kapitels der vorliegenden Arbeit zu finden und wird hier nicht noch einmal wiederholt.

Darüber hinaus wird der 2005 neu eingeführte Begriff der „Eingeschränkten Streckenkenntnis“ definiert. Darunter ist die nur durch die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen<sup>28</sup> erworbene Kenntnis über die benötigten Besonderheiten (die der Tf ergänzend zu Signalen und Fahrplanunterlagen für eine eigenverantwortliche sichere und fahrplanmäßige Fahrt benötigt) zu verstehen. Auf das eigene Anschauen der Strecke darf der Tf in diesen Fällen verzichten.

Gemäß der Erläuterungen der Richtlinie sind bei einer „Strecke“ nicht nur Schienenwege der freien Strecke, sondern auch die Schienenwege in Bahnhöfen und sonstigen Bahnanlagen, die zur Durchführung einer Zugfahrt notwendig sind, vom Geltungsbereich der Richtlinie erfasst.

### 2. Grundsätze

Im zweiten Teil „Grundsätze“ wird festgelegt, dass auf öffentlichen Eisenbahninfrastrukturen fahrende Tf die erforderliche Streckenkenntnis für die jeweilige Strecke haben müssen. Wenn dies nicht der Fall sein sollte, hat der Tf die auftraggebende Stelle darüber sofort in Kenntnis zu setzen. Eine Fahrt ist dann nur erlaubt, wenn er entweder durch eine streckenkundige Person begleitet wird oder über eingeschränkte Streckenkenntnis verfügt. Außerdem kann bei bestimmten Ausnahmen ohne Streckenkenntnis gefahren werden. Darauf wird im Abschnitt 6 eingegangen.

### 3. Erwerb der Streckenkenntnis

Die Streckenkenntnis wird durch das eigene Anschauen der Strecke und durch die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen erworben. Die VDV-Schrift 755 legt dabei nicht fest, auf welche Art und Weise das „eigene Anschauen“ erfolgt. Hierzu bestehen folgende Möglichkeiten:

- Der Tf fährt in Begleitung einer streckenkundigen Person (auch bei Fahrten im Rahmen der Ausbildung zum Tf).
- Der Tf fährt im Führerraum mit.
- Es erfolgt ein Studium von Filmaufnahmen mit originalgetreuer Streckenabbildung.
- Der Tf fährt an einem Simulator mit originalgetreuer Streckenabbildung.
- Der Tf begeht die Infrastruktur.

Neu ergänzt wurde der in der aktualisierten Ausgabe der VDV-Schrift 755 der Hinweis, dass Streckenkenntnis für parallel verlaufende, während der Fahrt einsehbare Strecken durch das Anschauen mit erworben wird (unberührt bleibt davon die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen).

Die Art und den Umfang des Erwerbs der Streckenkenntnis legt das Eisenbahnunternehmen für das von ihm eingesetzte Personal fest – um einerseits die wirtschaftlichen Belange der Eisenbahnen zu

---

<sup>28</sup> „Informationen, die ein öffentlicher Betreiber der Schienenwege im Zusammenhang mit dem Erwerb der Streckenkenntnis zur Verfügung stellen muss“ sind im vorliegenden Kapitel im Abschnitt 7 aufgeführt.



berücksichtigen und andererseits die Sicherheit zu gewährleisten. Die Anlage 1 der Richtlinie dient dem Eisenbahnunternehmen bei der Festlegung als Arbeitshilfe. Sie wird im vorliegenden Kapitel im Abschnitt 7 näher erläutert.

Streckenkenntnis gilt als erlangt, wenn der Tf sich in eigener Verantwortung selbst für streckenkundig erklärt hat. Gemäß § 54 EBO ist der Erwerb und Erhalt nachzuweisen.

Es liegt im Ermessensbereich des Eisenbahnunternehmens, ob Tf bei Inbetriebnahme neuer oder (wesentlich) geänderter Strecken Streckenkenntnis auch nur durch Einsichtnahme in Merkblätter erwerben dürfen. In der alten Ausgabe der Richtlinie wurde nicht definiert, was „wesentliche Änderungen“ an einer Strecke genau beinhaltet. Diese Lücke wurde mit der Neuherausgabe der Streckenkenntnis-Richtlinie geschlossen. Es erfolgt nun eine umfangreiche Auflistung der Fälle, die zu „wesentlichen Änderungen“ gezählt werden, wie z.B. geänderte Rettungskonzepte, Umbau von Ein- auf Zweigleisigkeit etc.

#### **4. Erlöschen und Wiedererwerb der Streckenkenntnis**

Gemäß der VDV-Schrift 755 erlischt die Streckenkenntnis einer bereits selbständig befahrenden Strecke bei nicht einfachen Betriebsverhältnissen innerhalb von 12 Monaten, wenn diese nicht selbständig befahren worden ist (dem selbstständigen Befahren ist das Mitfahren im Führerraum gleichgestellt). Bei einfachen Betriebsverhältnissen verlängert sich der Zeitraum auf 24 Monate.

Das EVU muss nachweisen können, aus welchem Grund die einfachen Betriebsverhältnisse ein Abweichen von den Regelanforderungen rechtfertigen. Zu „einfachen Betriebsverhältnisse“ zählen i.d.R. Einsätze von Tf im Rangierdienst und auf Kleinlokomotiven sowie im signalmäßigen Zugfuhrdienst mit technischen Einwirkssystemen (insbesondere Zugbeeinflussung), Zugfunkeinrichtung, kürzeren Einsätzen zu hellen Tageszeiten (nicht im Schichtdienst), relativ niedrigen Geschwindigkeiten und nur einem Zug oder sehr wenigen Zügen auf der Strecke.

Des Weiteren erlischt die Streckenkenntnis, wenn der Tf die Strecke innerhalb von sechs Monaten nach dem Ersterwerb der Streckenkenntnis nicht selbstständig befahren oder er sich nach essenziellen Änderungen an der Strecke mit diesen nicht vertraut gemacht hat.

#### **5. Erwerb von und Einsatz mit eingeschränkter Streckenkenntnis**

Das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis ist nur zulässig bei Einmal- oder Sperrfahrten. Diese darf nur vom Eisenbahnunternehmen genehmigt werden, das die Befähigung des Tf zu berücksichtigen hat (eine mindestens zwölfmonatige Berufserfahrung des Tf ist dabei Voraussetzung). Nicht zulässig ist das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis auf folgenden Strecken: Strecken mit Zugleitbetrieb, mit signalisiertem Zugleitbetrieb, auf Strecken mit Bahnhöfen ohne Ausfahrtsignalen und auf Steilstrecken. Des Weiteren ist die Zulassung nicht länger als sieben Tage gültig.

Die eingeschränkte Streckenkenntnis gilt als erlangt, wenn der Tf die Vorgaben des Eisenbahnunternehmens bezüglich der einzusehenden betrieblichen Unterlagen erfüllt und sich für streckenkundig erklärt hat. Auch hierfür ist gemäß § 54 EBO der Erwerb nachzuweisen.

Die Geschwindigkeit auf Hauptbahnen darf maximal 100 km/h, auf Nebenbahnen nicht mehr als 40 km/h betragen. Mit der Neuherausgabe der VDV-Schrift 755 ist die Auflockerung möglich, dass das EIU die Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Nebenbahnen von 40 km/h auf 100 km/h zulassen

darf. Voraussetzung dafür ist, dass die Nebenbahn wie eine Hauptbahn gem. § 1 Absatz 3 EBO ausgerüstet ist. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit für eine Sperrfahrt wird auf 30 km/h beschränkt. Die fahrplanmäßige Geschwindigkeit ist neu zu ermitteln, indem die Mindestbrems-hundertstel der Strecke um 40 % erhöht werden (davon ausgenommen sind Sperrfahrten), und darf die maximal erlaubten Geschwindigkeiten von 100 km/h bzw. 40 km/h nicht überschreiten. Bei der DB Netz AG werden auf dem Grundsatz einer Reduzierung der angemeldeten Brems-hundertstel um 30 % die erforderlichen Fahrplandaten berechnet. Durch die reduzierte erlaubte Geschwindigkeit verfügt der Tf über eine längere Beobachtungs- und Reaktionszeit, die als Ausgleich für das Nichtanschauen der Strecke dient. Damit soll die gleiche Sicherheit wie bei Fahrten mit Streckenkenntnis erreicht werden.

### 6. Fahren ohne Streckenkenntnis

Im sechsten Teil wird das Fahren ohne Streckenkenntnis geregelt. Der Tf darf bei Störungen und Unregelmäßigkeiten ohne Streckenkenntnis fahren, wenn er kurzfristig keine eingeschränkte Streckenkenntnis erwerben und die Fahrt nicht durch eine streckenkundige Person begleitet werden kann. Dies ist in folgenden Situationen der Fall:

- Es ist kurzfristig erforderlich vom vorgesehenen Schienenweg abzuweichen (z.B. nach Unfällen, Streckenunterbrechung nach Naturereignissen u.ä.).
- Das Zuführen von Notfalltechnik ist in dringenden Fällen notwendig.
- Das Zuführen von Ersatzfahrzeugen ist in dringenden Fällen notwendig.
- Es erfolgt ein kurzfristiger Einsatz von Ersatzpersonal wegen plötzlicher Dienstunfähigkeit eines Tf während der Fahrt.

Wie bei der eingeschränkten Streckenkenntnis darf auch hier eine Maximalgeschwindigkeit von 100 km/h auf Hauptbahnen und (bisher) 40 km/h auf Nebenbahnen nicht überschritten werden. Auch hier ist nun das Heraufsetzen der Geschwindigkeitsbeschränkungen auf 100 km/h auf wie Hauptbahnen gem. § 1 Absatz 3 EBO ausgerüsteten Nebenbahnen erlaubt.

Nicht zulässig ist das Fahren ohne Streckenkenntnis auf den gleichen Strecken wie beim Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis (siehe Abschnitt 5 im vorliegenden Kapitel).

### 7. Verzeichnis der Anlagen

Die VDV-Schrift 755 enthält insgesamt fünf Anlagen, wobei hier nur auf diejenigen eingegangen werden soll, die in den vorhergehenden Abschnitten des vorliegenden Kapitels erwähnt worden sind.

Anlage 1 „Arbeitshilfe zu Art und Umfang des Erwerbs der Streckenkenntnis“ dient – wie bereits weiter oben erwähnt – dem Eisenbahnunternehmen als Arbeitshilfe. Diese ist jedoch nicht abschließend. Die Arbeitshilfe wird in mehrere Aspekte unterteilt, denen jeweils einige wenige bis viele Beispiele untergeordnet sind. Zu den Aspekten zählen:

- Betriebsverfahren (z.B. Wechsel der Betriebsverfahren)
- Signalisierung / Signalsysteme (z.B. Standorte der Signale, verkürzte Vorsignalabstände)
- Sicherungssysteme (z.B. Zugbeeinflussung)
- Streckeninfrastruktur (z.B. Topografische Verhältnisse, gewöhnlicher Halteplatz)

- Informationen zum Zug (z.B. Bremsstellung des Zuges, Bremseigenschaften des Zuges)
- Information zur Fahrleitung (z.B. Schutz- und/oder „Bügel-ab“-Strecken)
- Bahnhofskennntnis in Zuganfangs- und Zugendbahnhöfen

In der Anlage 3 „Informationen/Unterlagen, die ein öffentlicher Betreiber der Schienenwege im Zusammenhang mit dem Erwerb der Streckenkenntnis zur Verfügung stellen muss“ sind folgende für die Strecke erforderlichen Unterlagen aufgeführt:

- Fahrplanunterlagen
- Zusammenstellung der vorübergehenden Langsamfahrstellen und anderer Besonderheiten (La)
- Zusammenstellung zur La Streckenbuch / Betriebsstellenbuch (ehemals: Örtliche Richtlinien (ÖRil) für das Zugpersonal<sup>29</sup>) bzw. Sammlung betrieblicher Vorschriften – Nichtbundeseigenen Eisenbahnen
- Übersichtsplan des Streckenabschnittes
- Detailplan des Streckenabschnittes
- Lagepläne von Bahnhöfen
- Rettungskonzepte
- ggf. Merkblätter

Folgende Informationen über die Strecke sind zur Verfügung zu stellen:

- Betriebsverfahren
- Signalsysteme
- Zugbeeinflussungssysteme
- Zugfunksysteme
- Notbremsüberbrückungsabschnitte

### 2.1.2.4 Richtlinie 408 – Fahrdienstvorschrift

Die Ril 408 der DB Netz AG wurde zum 13.12.2015 neu herausgegeben, zum einen um den Vorgaben der TSI „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ gerecht zu werden und zum anderen in Anlehnung an den nationalen Umsetzungsplan des Bundesverkehrsministeriums.<sup>30</sup> Mit der Neuherausgabe wird sie wieder als „Fahrdienstvorschrift“ bezeichnet. Da die TSI „Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung“ eine genaue Trennung der Zuständigkeiten und Prozesse beim Thema „Züge fahren“ fordert (Rangieren ist nicht Regelungsgegenstand der TSI), wurde die Ril 408 zielgruppenorientiert neu strukturiert und in vier Themenbereiche zerlegt. Diese vier Themenbereiche sind in der folgenden Tabelle 1 den Modulgruppen zugeordnet.

---

<sup>29</sup> Seit dem Fahrplanwechsel im Dezember 2015 gibt es die ÖRil nicht mehr. Diese wurden durch die „Angaben für das Streckenbuch“ ersetzt (siehe auch Kapitel 2.1.2.4).

<sup>30</sup> Vgl. Ril 408.31-37 Vorwort sowie Abschnitt 1 und 2.

**Tabelle 1: Themenbereiche in den Modulen der Ril 408<sup>31</sup>**

Themenbereich	Modulgruppe (Anwender)
Züge fahren – Regeln für Anwender des EIU	408.01 – 06 (Mitarbeiter EIU) 408.11 – 16 (Planer EIU)
Züge fahren – Schnittstellenregeln für Anwender der EVU	408.21 – 27 (EVU und Tf) 408.31 – 37 (Planer EVU)
Rangieren	408.48 (Mitarbeiter EIU und EVU) 408.58 (Planer EIU und EVU)
Züge fahren – archivierte Regeln für Anwender der EVU	408.81 – 89 (bisherigen Mitarbeiter EVU) 408.91 – 99 (bisherige Planer EVU)

Gemäß der Ril 408.2301 Abschnitt 1 muss ein Tf grundsätzlich streckenkundig sein. Wenn dies ausnahmsweise nicht der Fall ist, darf ein Tf nur unter folgenden Bedingungen fahren:

- Wenn ein streckenkundiger Mitarbeiter beigegeben wird, muss der Tf fahren.
- Wenn kein streckenkundiger Mitarbeiter zur Verfügung steht, darf nur gefahren werden, wenn ihm dies von seiner Auftrag gebenden Stelle angewiesen wird und nicht durch das Streckenbuch verboten ist. Die Fahrweise muss den Strecken- und Sichtverhältnissen angepasst zu werden.
- Auf den Hauptbahnen darf dann nicht schneller als 100 km/h und auf den Nebenbahnen nicht schneller als 40 km/h gefahren werden. Auf Nebenbahnen sind durch Vorgabe des Streckenbuchs auch höhere Geschwindigkeiten zulässig.

Darüber hinaus ist in der Ril 408.2301 Abschnitt 2 der Umgang mit der Ortskenntnis des Tf geregelt. Hier heißt es, dass der Tf bei planmäßigen Rangierfahrten über Ortskenntnis verfügen muss. Für den Fall einer außerplanmäßigen Rangierfahrt, hat sich der Tf entsprechend beim Weichenwärter oder der zuständigen Stelle zu erkundigen.

Die planenden Stellen haben sich beim Fahren ohne Streckenkenntnis nach der VDV-Schrift 755 bzw. dem Modul 492.0755 zu richten. Hinsichtlich der höheren zulässigen Geschwindigkeit auf Nebenbahnen gilt der sechste Anstrich des Modul 492.1001 Abschnitt 1 ebenfalls für die planenden Stellen. Daher wurden die oben aufgeführten zweite und dritte Grundregel durch Modul 408.2301 für den Tf als Endanwender festgelegt.

Darüber hinaus sind in der Ril 408 Regelungen zum Fahren ohne streckenkundigen Mitarbeiter und zu zulässigen höheren Geschwindigkeiten auf Nebenbahnen für die Planer der EIU und EVU festgelegt. So ist durch Modul 408.1301 Abschnitt 21 (für Planer EIU gültig) und durch Modul 408.3301 Abschnitt 21 (als Hinweis für Planer EVU) das Fahren ohne Vorhandensein eines zusätzlichen Mitarbeiters mit Streckenkenntnis auf folgenden Strecken nicht erlaubt:

<sup>31</sup> Eigene Darstellung auf der Basis von Ril 408.31-37 Abschnitt 1 und 2.

- Strecken mit Lichthauptsignalen, die zugleich Vorsignalfunktion besitzen und nicht mit Vorsignalmastschild (DV 301) gekennzeichnet sind,
- Strecken mit Schutzstrecken, die nicht durch Signal El 1v, das in der Regel im halben Bremswegabstand vor Signal El 1 aufgestellt ist, vorangekündigt werden (wenn Triebfahrzeuge (Tfz) mit gehobenen Stromabnehmer fährt und das El 1v bei einfachen örtlichen Verhältnissen nicht erforderlich ist),
- Strecke Augsburg – Donauwörth,
- Strecken mit Zugleitbetrieb,
- Strecken mit signalisiertem Zugleitbetrieb,
- Strecken mit Bahnhöfen ohne Ausfahrtsignale,
- Steilstrecken.

Gemäß Ril 408.1301 Abschnitt 22 und Ril 408.3301 Abschnitt 21 müssen diese Strecken in den Angaben für das Streckenbuch bekanntgegeben werden. Anzumerken sei, dass die letzten vier aufgeführten Strecken inhaltsgleich aus der VDV-Schrift 755 bzw. der Ril 492.0755 Abschnitt 6.2 übernommen worden sind.

Mittels der Ril 408.1301 Abschnitt 51 und der Ril 408.3301 Abschnitt 51 wird festgelegt, dass die zulässige Geschwindigkeit beim Fahren ohne Streckenkenntnis und ohne streckenkundigen Mitarbeiter als Begleiter auf Nebenbahnen von 40 km/h auf die Streckengeschwindigkeit und maximal auf 100 km/h unter folgenden Bedingungen heraufgesetzt werden darf:

- Vorsignalisierung der Hauptsignale entsprechend § 14 Absatz 12 EBO,
- aufgestellte Signale Ne 3 (Vorsignalbaken) nach den Regeln für Hauptbahnen,
- Strecke mit Punktförmiger Zugbeeinflussung (PZB),
- Sicherung der Bahnübergänge (BÜ) erfüllt Anforderungen der Sicherung von BÜ auf Hauptbahnen nach § 11 EBO,
- für technisch gesicherte BÜ sind vom Tf keine besonderen Einschaltkriterien zu beachten,
- Ausrüstung der Strecke mit Hektometerzeichen wie auf Hauptbahnen.

Zum Fahrplanwechsel im Dezember 2015 wurden die „Angaben für das Streckenbuch“ das erste Mal herausgegeben.<sup>32</sup> Diese ersetzen die „Örtlichen Richtlinien für das Zugpersonal“. Mit der Einführung „der Angaben für das Streckenbuch“ erfolgt die Umsetzung der europäischen Vorgabe, dass EVU Streckenbücher für ihre Tf zu erstellen und verteilen zu haben.

### 2.1.3 Ausland

Wie bereits weiter oben erläutert, besteht in Europa erheblicher Harmonisierungsbedarf hinsichtlich der technischen Lösungen und betrieblichen Regelwerke. Im Folgenden soll auf die Regelungen zur Streckenkenntnis einiger ausgewählter Länder eingegangen werden. Interessant sind hierbei die Re-

---

<sup>32</sup> Vgl. Ril 408.31-37, S. 5 der Vorbemerkungen.

gelungen in Österreich und der Schweiz, da diese über eine annähernd gleiche Infrastruktur wie in Deutschland verfügen. Auch die Regelungen in Schweden sind vor allem vor dem Hintergrund des dort eingesetzten Zugsicherungssystems zu betrachten. Zwischen Deutschland und den Ländern England sowie den Niederlanden bestehen größere Unterschiede bezüglich Streckenkenntnis. Auch dies soll erörtert werden. Für alle EU-Länder gelten die im Kapitel 2.1.1 aufgeführten Vorgaben der EU<sup>33</sup>. Der unterschiedliche Detaillierungsgrad der Ausführungen zu den einzelnen Ländern ist der zur Verfügung stehenden Literatur geschuldet.

### 2.1.3.1 Österreich

Im § 3 Absatz 3 der Betriebsvorschrift V3 der Österreichischen Bundesbahn (ÖBB) Infrastruktur AG wird festgehalten, dass ein Tf über die erforderliche Streckenkenntnis zu verfügen hat. Für die Regeln zum Erfordernis, Erwerb und Erhalt der Streckenkenntnis und der Ortskenntnis wird ebenfalls dort auf die dazugehörigen Zusatzbestimmungen zur Signal- und Betriebsvorschrift (ZSB) verwiesen. Die folgenden Erläuterungen sind der ZSB 16 entnommen worden.

Gemäß § 2 Absatz 1 ZSB 16 sind zum Streckenkenntniserwerb mindestens drei Schulungsfahrten unter Anleitung eines streckenkundigen Tf vorgeschrieben, wobei unter einer Schulungsfahrt jeweils die Hin- und Rückfahrt verstanden wird. Anstatt zwei Mitfahrten ist auch der Streckenkenntniserwerb durch das Studium von Filmaufnahmen erlaubt (eine Mitfahrt muss jedoch mindestens stattfinden). Beim Anschauen der Filmaufnahmen muss stets ein streckenkundiger Tf anwesend sein, um zusätzlich Erläuterungen zum Film zu geben.

Bahnstreckenkennntnis ist durch § 2 Absatz 2 ZSB 16 gesondert geregelt: Es können ebenso Knotenschulungen durchgeführt werden. Insbesondere bei großen Bahnhöfen werden dazu zunächst Vorinformationen theoretisch vermittelt und anschließend die Besonderheiten bei praktischen Schulungsfahrten inklusive Erläuterungen gesondert vermittelt.

In Österreich erlischt die Erlaubnis zum Befahren einer Strecke, wenn der Tf diese mehr als 12 Monate nicht befahren hat. Innerhalb der darauf folgenden 12 Monate besteht für ihn die Chance, einmalig mit einem anderen streckenkundigen Tf zu fahren. Wenn dies nicht erfolgt, hat er nach Ablauf der insgesamt 24 Monate wieder einen vollständigen Neuerwerb durchzuführen.

Ein Tf darf gemäß § 3 V3 nur in Ausnahmefällen, wie z.B. Ad-hoc Umleitungen, ohne Streckenkenntnis fahren. Dann muss ein entsprechend streckenkundiger Tf als Lotse begleitend bereitgestellt werden. Notfalls darf ein Tf auch ohne Lotse fahren, dann aber nach § 1 Absatz 4 ZSB 16 mindestens unter Zuhilfenahme von erforderlichen Unterlagen (z.B. Buchfahrplan, Streckenliste). Mit PZB-Betrieb bzw. Führerraumsignalisierung gilt dann eine Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h, auf allen übrigen Strecken darf nur mit maximal 40 km/h gefahren werden.

In den ZSB 16 wird der Begriff „Streckenkenntnis“ von „Ortskenntnis“ unterschieden. Dieser Begriff beschäftigt sich gemäß § 31 mit Rangierfahrten im Bahnhof und dessen Umfeld. Auch Ladestellen und Anschlussbahnen werden dazu gezählt. Durch § 32 ist vorgeschrieben, dass der Erwerb der Ortskenntnis durch Einsichtnahme in betriebliche Unterlagen und Begehen bzw. Befahren der Infrastruktur zu erfolgen hat.

---

<sup>33</sup> Die Schweiz ist zwar kein Mitglied der EU, hat aber aufgrund der Funktion eines Transitlandes im internationalen Schienengüterverkehr viele EU-Regeln im Eisenbahnverkehr anerkannt. [(Vgl. Peisker (2015), S. 23.)]

### 2.1.3.2 Schweiz

Die vom Bundesamt für Verkehr (BAV) herausgegebenen „Schweizerischen Fahrdienstvorschriften FDV (R 300.1-.15)“ gelten gemäß R 300.1 Kapitel 2.2.1. nicht nur für die Schweizerischen Eisenbahnen, sondern für alle die schweizerischen Eisenbahninfrastruktur nutzenden Bahnen.

Im Kapitel 2.5.2 der R 300.13 ist der Umgang mit Streckenkenntnis geregelt. Demnach darf ein Tf diejenigen Strecken und Bahnhöfe befahren, die er viermal in jede Richtung befahren hat. Dies sollte nach Möglichkeit einmal bei Dunkelheit erfolgen. Bei einfachen oder speziellen Verhältnissen kann der Streckenkenntniserwerb mit Beantragung beim BAV auch mit weniger Fahrten oder mit anderen Mitteln stattfinden.

Ein Tf verliert seine Strecken- oder Bahnhofskenntnisse, wenn er diese länger als drei Jahre nicht mehr befahren hat. Wenn er in solch einem Fall die Strecke wieder befahren will, hat er seine Kenntnisse durch mindestens je eine Fahrt pro Richtung wieder aufzufrischen. Dass sein Kenntnisstand sichergestellt ist, hat der Tf mit zu verantworten.

In Begleitung eines anderen, über Streckenkenntnis verfügenden Tf darf der Tf auch Strecken oder Bahnhöfe befahren, über die er keine Kenntnis hat. Eigenverantwortliches Fahren ohne Streckenkenntnis ist auf der schweizerischen Infrastruktur nur bei Betriebsstörungen erlaubt. Voraussetzung dazu ist der Besitz der entsprechenden Streckentabellen<sup>34</sup> sowie die zugehörigen Ausführungsbestimmungen zu kennen und anwenden zu können. Dabei hat er seine Fahrweise entsprechend der Situation anzupassen, Vorgaben über Geschwindigkeiten werden jedoch nicht gemacht.

### 2.1.3.3 Schweden

Auch bei den schwedischen Regelungen wird – wie in Deutschland – zwischen normaler, eingeschränkter und nicht vorhandener Streckenkenntnis differenziert.<sup>35</sup> Um Streckenkenntnis zu erwerben, sind die betrieblichen Unterlagen einzusehen und mindestens eine Schulungsfahrt durchzuführen. Die Schulungsfahrt kann auch durch das Anschauen eines Videos mit originalgetreuen Aufnahmen ersetzt werden. Es besteht keine Forderung nach Nachtfahrten. Abschließend muss sich der Tf für streckenkundig erklären.

Die eingeschränkte Streckenkenntnis wird durch die Einsichtnahme in die relevanten betrieblichen Unterlagen erlangt.<sup>36</sup> Daraufhin erklärt sich der Tf für eingeschränkt streckenkundig. Sobald er eine Strecke mit eingeschränkter Streckenkenntnis befahren hat, sind die Höchstgeschwindigkeiten bei nachfolgenden Fahrten nicht mehr begrenzt. Ohne Streckenkenntnis darf nur mit Bereitstellung eines Lotsen gefahren werden.

Die kaum vorhandenen Beschränkungen beim Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis begründet Peisker (2015) damit, dass annähernd das gesamte Netz mit dem Zugsicherungssystem ATC ausgerüstet sei.<sup>37</sup> Da dieses wegen der punktförmigen Informationsübertragung und Führerraumsignali-

---

<sup>34</sup> „[...]umfasst die für die Führung einer Fahrt erforderlichen streckenbezogenen Angaben“ (Vgl. R 300.1, S. 44.), wie z.B. Bf und Haltestellen mit kilometrischer Lage (Vgl. R 300.3, S. 209.)

<sup>35</sup> Vgl. MTR Express (2015): Fachgespräch mit Johan Hellström, Driver Instructor, MTR Express AG, Stockholm, 22.04.2015; zit. n. Peisker (2015), S. 24.

<sup>36</sup> Vgl. Peisker (2015), S. 24 f.

<sup>37</sup> Vgl. ebd., S. 25.

sierung sehr stark dem ETCS Level 1<sup>38</sup> ähnelt sowie eine Geschwindigkeitssignalisierung inklusive der Errechnung von Bremskurven durch den Bordrechner erfolgt, sei das Höchstmaß an Sicherheit gewährleistet.

### 2.1.3.4 England

Die Regelungen in England sind bezüglich Streckenkenntnis sehr streng. Streckenkenntnis wird als eine der vier Hauptkomponenten beim Führen von Triebfahrzeugen angesehen.<sup>39</sup> Eine Woche innerhalb der Ausbildung zum Tf wird dafür genutzt, um den Teilnehmern zu vermitteln, was genau Streckenkenntnis ausmacht und wie die notwendigen Informationen gewonnen und eingeprägt werden können. Im Rahmen dessen schauen sich die angehenden Tf einen bestimmten Abschnitt der Infrastruktur an und erstellen im Nachgang eine eigene Karte zum jeweiligen Abschnitt.

Die Rail Safety and Standards Board (RSSB) hat ein eigenständiges Dokument für Streckenkenntnis herausgegeben. Dabei handelt es sich um den sogenannten RIS-3702-TOM (Rail Industry Standard for Management of Route Knowledge for Drivers, Train Managers, Guards and Driver Managers“), welcher den Standard für die Ausbildung, Entwicklung, Überwachung und Bewertung des Personals über Streckenkenntnis und Streckenrisiken bereitstellt.<sup>40</sup> Gemäß der RIS-3702-TOM ist Streckenkenntnis nicht nur aus Gründen der Sicherheit wichtig. Auch das Entwickeln von Fähigkeiten und Handlungssicherheit ist im Rahmen des Streckenkenntniserwerbs relevant, um die aktuellen Umwelteinflüsse einschätzen und entsprechend darauf reagieren zu können.

Wenn ein Tf sich für streckenkundig erklärt, wird er vom Manager oder Instruktor geprüft.<sup>41</sup> Auch sollte der Tf durch sein Eisenbahnunternehmen regelmäßig hinsichtlich seiner Streckenkenntnis bewertet werden. Der Tf hat dabei z.B. die Strecke unter Aufsicht zu befahren und muss währenddessen die Strecke beschreiben und seine Handlungen mündlich erklären. In Fällen, bei denen diese praktische Überprüfung nicht möglich ist, werden die Tf entweder durch Beantworten von Fragen des Managers oder einem Multiple-Choice-Test am Computer überprüft. Auch eine Kombination dieser Prüfmöglichkeiten ist gemäß des Anhangs F der RIS-3702-TOM denkbar.

Das konkrete Vorgehen und welche Aspekte zur Streckenkenntnis gehören, wird dem einzelnen Eisenbahnunternehmen selbst überlassen.<sup>42</sup> Es wird jedoch eine Liste gegeben, welche die normalerweise mindestens für Streckenkenntnis relevanten Aspekte auflistet. Dazu zählen u.a. die Position der Halteplätze am Bahnsteig inklusive der Bahnsteiglänge, aufgrund von Sonnenlicht schlecht erkennbare Signale oder auch Umleitungsstrecken. Auch müssen sogenannte Streckenfaktoren vom Eisenbahnunternehmen identifiziert und dokumentiert werden. Hierzu gehört z.B. die Erfassung der derjenigen Zeit am Tag oder im Jahr, wenn Klimabedingungen negative Einwirkung auf die Strecke oder einen Teil der Strecke haben.

---

<sup>38</sup> Beim European Train Control System (ETCS) handelt es sich um ein europäisch einheitliches Zugbeeinflussungssystem, das zur Harmonisierung des Zugbeeinflussungssystem innerhalb Europas eingeführt worden ist. Bei Level 1 handelt es sich um eine der Stufen von ETCS, bei der die kontinuierliche Überwachung erfolgt und die Informationen mindestens jeweils am Vor- und Hauptsignal übertragen werden. (Vgl. Maschek (2013), S. 543 ff.)

<sup>39</sup> Vgl. [traindriver.org](http://traindriver.org) (o.J.), o. S.

<sup>40</sup> Vgl. RIS-3702-TOM, S. 4.

<sup>41</sup> Vgl. ebd., S. 11 f.

<sup>42</sup> Vgl. ebd., S. 6.



Im Anhang C der RIS-3702-TOM werden die Möglichkeiten aufgeführt, wie einem Tf Kenntnisse über die Strecke zur Verfügung gestellt werden können. Dies ist z.B. mittels DVDs, Videos mit Originalaufnahmen aus dem Führerstand, mit computerbasierten Streckensimulationspaketen, aber auch mit einer Streckenkarte und einem Signalisierungsplan möglich. Es werden jedoch keine Vorgaben gemacht.

Die Eisenbahnunternehmen haben den Streckenkenntniserwerb zu organisieren und durch z.B. einen entsprechenden Dienstplan für den Erhalt der Streckenkenntnis zu sorgen.<sup>43</sup>

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Streckenkenntnis in England einen viel höheren Stellenwert als in Deutschland besitzt. Dies ließe sich u.a. auf das Fehlen eines Geschwindigkeitshefts in England zurückführen.<sup>44</sup> Das Vorgehen in England bezüglich Streckenkenntnis führt dazu, dass ein Tf verhältnismäßig wenige Strecken befährt und somit wegen der Begrenzung auf einen bestimmten Bereich nicht sehr flexibel einsetzbar ist.

### 2.1.3.5 Niederlande

In einem Bericht von INTERGO<sup>45</sup> im Jahre 2012 wurde die damalige Situation zur Thematik „Streckenkenntnis“ in den Niederlanden ausführlich betrachtet. Im Folgenden werden die wichtigsten nationalen Regelungen zusammengefasst.

Die staatliche Eisenbahngesellschaft der Niederlanden „Nederlandse Spoorwegen“ (NS) unterscheidet bei der Thematik „Streckenkenntnis“ zwischen Reisezügen und Rangiereinheiten.<sup>46</sup> Das Konzept der Streckenkenntnis wurde in den Niederlanden für Reisezüge weiter konkretisiert. NS sieht die Funktion der Streckenkenntnis darin, dass das sichere, pünktliche und komfortable Transportieren der Reisenden durch den Tf gewährleistet werden kann und dies bei einem gleichzeitig möglichst geringen Energieverbrauch. Zur Streckenkenntnis gehört neben Kenntnissen über Infrastruktur, Fahrplan, Zugsicherung, Verfahren und Arbeitsanweisungen und weiteren Komponenten (z.B. Bahnhof (Bf)) auch die Umgebung der Infrastruktur. In der Definition zu Streckenkenntnis ist nicht nur das „Kennen der Strecke“ enthalten, sondern darüber hinaus ist auch von der „Fähigkeit des Tf“ zur Kontrolle seines Zuges im Regelbetrieb und Notsituationen die Rede.

Ein Tf verfügt in den Niederlanden über Streckenkenntnis, wenn er folgende Aspekte über die Strecke weiß bzw. benennen kann (dies gilt sowohl für den Hin- und Rückweg als auch für das Regel- und Gegengleis):<sup>47</sup>

- Infrastruktur und die angewandte Sicherungsart / -technik
- Möglichkeiten der Infrastruktur (z.B. zur Seite nehmen oder Fahren ohne Oberleitung)
- Alle relevanten Quellen (z.B. Örtliche Vorschriften und Personen mit Zusatzinformationen)

Um Streckenkenntnis zu erwerben, stehen dem Tf zum einem Lehrbücher und Ähnliches und zum anderen die Mitfahrten zur Verfügung.<sup>48</sup> Es ist vorgeschrieben, dass der Tf die Strecke befahren

---

<sup>43</sup> Vgl. RIS-3702-TOM, S. 9 f.

<sup>44</sup> Vgl. Peisker (2015), S. 27.

<sup>45</sup> Vgl. de Bruijn/van der Weide (2012).

<sup>46</sup> Vgl. de Bruijn/van der Weide (2012), S. 27 ff.

<sup>47</sup> Vgl. ebd., S.27.

<sup>48</sup> Vgl. ebd., S.28 f.

muss, um sie tatsächlich zu erleben. Dabei ist keine Anzahl an notwendigen Fahrten vorgegeben. Weiterhin führen de Bruijn/van der Weide (2012), dass nicht darauf eingegangen wird, bei wieviel unterschiedlichen Kollegen der Tf mitzufahren hat, um Streckenkenntnis zu erwerben. Auch gebe es (noch) kein Verfahren, mit dem getestet wird, ob ein Tf über Streckenkenntnis verfügt.

### **2.1.3.6 Zusammenfassender Vergleich der Regeln zwischen Deutschland und anderen europäischen Ländern**

Die Regeln zur Streckenkenntnis verschiedener Länder unterscheiden sich deutlich voneinander. Die verschiedenen Anforderungen an Streckenkenntnis zwischen den einzelnen Ländern sind vermutlich neben der geschichtlichen Entwicklung den Unterschieden in der Betriebsdurchführung und der Infrastruktur geschuldet. Dies sollte bei dem Vergleich der Streckenkenntnisregeln stets bedacht werden.

Die Anforderungen an Streckenkenntnis im Ausland gehen teilweise deutlich über die deutschen Anforderungen hinaus. So wird der Streckenkenntnis z.B. in England ein sehr großer Stellenwert zugeschrieben. Die Regelungen in Schweden sind ähnlich den deutschen, teilweise sogar weniger streng. Dies kann zum einem mit dem dort verwendeten Zugsicherungssystem begründet werden, das sehr stark ETCS ähnelt. Zum anderen verfügt Schweden über eine geringe Verkehrsdichte. In der auf der nächsten Seite dargestellten Tabelle 2 sind zusammenfassend die Unterschiede und Gemeinsamkeiten bezüglich Streckenkenntnis der einzelnen Länder dargestellt.

**Tabelle 2: Gegenüberstellung der Streckenkenntnisregelungen ausgewählter europäischer Länder**

Land	Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs	Anzahl der Erwerbsfahrten	Erlöschen der Streckenkenntnis	Eingeschränkte / ohne Streckenkenntnis	Geschwindigkeitsbeschränkungen bei eingeschränkter / ohne Streckenkenntnis
Deutschland (VDV-Schrift 755)	Mitfahrt, selbständiges Fahren in Begleitung, Filmaufnahme, Simulatorfahrt	<i>Keine Informationen vorliegend</i>	Wenn Strecke mit nicht einfachen Betriebsverhältnissen 12 Monate nicht befahren wurde Wenn Strecke mit einfachen Betriebsverhältnissen 24 Monate nicht befahren wurde	Eingeschränkt: Einmal- oder Sperrfahrten Ohne: Nur in Ausnahmefällen (z.B. Ad-hoc Umleitungen)	Hauptbahn: maximal 100 km/h Nebenbahn: maximal 40 km/h
Österreich	mindestens 1 Mitfahrt, ansonsten auch Studium von Filmaufnahmen zusätzlich: Knotenpunkt-schulung	Mindestens 3 Hin- und Rückfahrten	Wenn 12 Monate Strecke nicht befahren wurde und innerhalb der nächsten 12 Monate keine Mitfahrt erfolgt	Eingeschränkt: Nur in Ausnahmefällen (z.B. Ad-hoc Umleitungen) Ohne: wie oben, nur mit Lotsen	Führerraumsignalisierung: Maximal 60 km/h Ansonsten: 40 km/h
Schweiz	--	Mindestens 4 Hin- und Rückfahrten, davon wenigstens einmal bei Dunkelheit	wenn Strecke 3 Jahre nicht befahren wurde	Eingeschränkt: Nur bei Betriebsstörungen Ohne: Nur mit Lotsen	Keine Vorgaben (Fahrweise entsprechend der Situation anpassen)
Schweden	Schulungsfahrt kann durch Anschauen eines Videos ersetzt werden	Mindestens 1 Fahrt	<i>Keine Informationen vorliegend</i>	Eingeschränkt: Keine Angabe, wann Ohne: Nur mit Lotsen	Nach einmaligem Befahren der Strecke mit eingeschränkter Streckenkenntnis, keine Begrenzung der Geschwindigkeiten mehr
England	Streckenkenntnisschulung (z.B. Filmaufnahmen, Streckenkarte) mit abschließender praktischer Prüfung (in Ausnahmefällen mündlich)	<i>Keine Informationen vorliegend</i>	<i>Keine Informationen vorliegend</i>	<i>Keine Informationen vorliegend</i>	<i>Keine Informationen vorliegend</i>
Niederlande	Mitfahrten, zusätzlich Lehrbücher und Ähnliches	<i>Keine Informationen vorliegend</i>	<i>Keine Informationen vorliegend</i>	<i>Keine Informationen vorliegend</i>	<i>Keine Informationen vorliegend</i>

## **2.2 Betrachtungen zur Entwicklung der Streckenkenntnis**

Die Harmonisierung der Eisenbahninfrastruktur und des -betriebs in Deutschland (insbesondere zwischen Ost- und Westdeutschland) ist deutlich vorangeschritten. Im vorliegenden Kapitel wird auf die Entwicklungen und daraus resultierenden Änderungen in Bezug auf Streckenkenntnis innerhalb Deutschlands eingegangen. Abschließend werden die Ergebnisse einer bereits durchgeführten Untersuchung zum Thema „Anpassungsvarianten der Streckenkenntnisanforderungen“ dargestellt, die gleichzeitig Entwicklungsmöglichkeiten der Streckenkenntnis darstellen.

### **2.2.1 Historische Entwicklungen und Stand der Technik**

Die jahrzehntelange Entwicklung der Regelungen zur Streckenkenntnis ist im Wesentlichen durch die zahlreichen Bahnunternehmen und deren unterschiedlichen Betriebsführungen und Infrastrukturausstattungen, den zur Verfügung stehenden Sicherungstechniken und Erkenntnissen aus Unfällen ereignissen geprägt.<sup>49</sup>

Beim Streckenkenntniserwerb gewinnt der Tf insbesondere Kenntnisse über infrastrukturelle Besonderheiten, die von den Planungsregeln abweichen und auch nicht im Fahrplan oder den betrieblichen Unterlagen aufgeführt sind. Diese Kenntnisse sind wichtig für einen sicheren und flüssigen Betriebsablauf bei gleichzeitiger Handlungssicherheit des Tf. Die betrieblichen Besonderheiten existieren vor allem aufgrund der uneinheitlichen Infrastruktur sowie einer nicht konsequenten Streckensignalisierung<sup>50</sup>. Auch sind für einen Tf nicht alle Besonderheiten in den zur Verfügung gestellten Unterlagen aufgeführt.

Mittlerweile ist der Ausbau der technischen Sicherung in Deutschland vorangeschritten und nicht nur die Kommunikationsmöglichkeiten haben sich dank des Einsatzes moderner Medien weiterentwickelt.<sup>51</sup> Außerdem wurden zuverlässige Regelwerke und bessere Fahrplanunterlagen erstellt und die Fahrzeugtechnik hat sich weiterentwickelt. Des Weiteren sind durchgängige und bessere Signalisierungen sowie moderne Leit- und Sicherungstechnik vorhanden. Durch diese Entwicklungen kann davon ausgegangen werden, dass die Bedeutung von Streckenkenntnis abgenommen hat. Auf die historischen Entwicklungen in diesem Kontext wird nun eingegangen. Als Grundlage dienen die Ausführungen von Peisker (2015), Kapitel 4.2, die um eigene Überlegungen ergänzt worden sind.

#### **2.2.1.1 Formales**

Innerhalb Deutschlands wurde das Eisenbahnwesen durch die im Jahre 1994 eingeleitete Bahnreform neu geordnet und damit verbunden die Schienennetze für andere Teilnehmer geöffnet.<sup>52</sup> Mit diesem freien Netzzugang einhergehend waren auch Änderungen der Anforderungen für Tf. Daher galt es, die Regeln bezüglich Streckenkenntnis zu vereinheitlichen, wurde diese bis dahin bei den einzelnen Bahnen unterschiedlich vermittelt. Außerdem sollten die bis dahin relativ statischen Regeln unter Beibehaltung der sicherheitlichen und wirtschaftlichen Belange flexibel gestaltet und angepasst werden.

---

<sup>49</sup> Siehe auch Peisker (2015), S. 7.

<sup>50</sup> Vgl. ebd., S. 12.

<sup>51</sup> Vgl. ebd., S. 8.

<sup>52</sup> Vgl. VDV-Schrift 755, S.9; Vertiefend dazu sei auf Peisker (2015), S. 9 verwiesen.

### Streckenkenntnis-Richtlinie

Daher wurde im Jahr 2005 erstmalig die VDV-Schrift 755 (Streckenkenntnis-Richtlinie) veröffentlicht, die dem Ziel dient, „*einheitliche Regelungen in Bezug auf die erforderliche Streckenkenntnis der Triebfahrzeugführer auf Schienenwegen öffentlicher Betreiber der Schienenwege festzulegen*“<sup>53</sup>. Die Streckenkenntnis-Richtlinie gilt mittlerweile als anerkannte Regel der Technik und ist nicht nur im Regelwerk der DB über die Ril 492.0755 übernommen worden. Auf die VDV-Schrift 755 wurde bereits im Kapitel 2.1.2.3 der vorliegenden Arbeit näher eingegangen.

Mit Einführung der Richtlinie ist der Begriff der „eingeschränkten Streckenkenntnis“<sup>54</sup> neu eingeführt worden.<sup>55</sup> Dies erfolgte, damit – unter gewissen Voraussetzungen – kurzfristig erforderliche Fahrten auch dann durchgeführt werden können, wenn der Tf keine Streckenkenntnis hat und keine streckenkundige Person zur Verfügung steht. Diese Verbesserung im Interesse der Wettbewerbsfähigkeit der Eisenbahn durfte nur unter Einhalten der Sicherheitsbelange eingeführt werden. Daher galt es, beim Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis die erlaubte Geschwindigkeit zu reduzieren. Die erhöhten Anforderungen beim Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis sollten ermöglichen, dass dieses Verfahren nicht im Ausnahmefall galt, sondern als Regelverfahren genutzt werden konnte.

Früher war eine feste Zahl von Fahrten zum Erwerb der Streckenkenntnis vorgegeben.<sup>56</sup> Diese belief sich i.d.R. auf vier bis sechs Fahrten je Richtung. Diese starre Regelung wurde nicht mehr aufrechterhalten, um den tatsächlichen Erfordernissen gerechter werden zu können. Die Art und den Umfang des Erwerbs der Streckenkenntnis legt das Eisenbahnunternehmen für das von ihm eingesetzte Personal fest – um einerseits die wirtschaftlichen Belange der Eisenbahnen zu berücksichtigen und andererseits die Sicherheit zu gewährleisten.

### Angaben im Buchfahrplan

Im Fahrplan gab es deutliche Veränderungen: Früher waren Signalstandorte und anschließende Weichenbereiche dort nicht aufgeführt. Heutzutage ist z.B. das Yen-Zeichen (Kennzeichnung des Endes des anschließenden Weichenbereichs) fester Bestandteil des Buchfahrplans.<sup>57</sup> Die Regeln des anschließenden Weichenbereichs sind ein typisches Beispiel aus dem deutschen Regelwerk mit sicherheitlicher Bedeutung, denn der Zug darf erst wieder nach Freifahren des anschließenden Weichenbereichs beschleunigt werden. Hier war früher eine detaillierte Ortskenntnis Voraussetzung für sicherheitsgerechtes Fahren. Weitere Aspekte, die vor der Weiterentwicklung des Fahrplans nur durch Streckenkenntnis bekannt waren, sind heutzutage im Buchfahrplan enthalten: Die Kennzeichnung des Tunnelanfangs und -endes, verkürzte Bremswegabstände, Fahrleitungssignale oder vom gewöhnlichen Standort abweichende Signale seien hier als Beispiele genannt.

Allerdings kann es auch zu fehlerhaften bzw. nicht vollständigen Angaben im Fahrplan kommen. Zum Beispiel ist die Darstellung der Richtungsanzeiger unzuverlässig.<sup>58</sup> So kann es ab und zu dazu kommen, dass an einem Signal auf der Strecke ein Richtungsanzeiger angeordnet ist, im Fahrplan

---

<sup>53</sup> Vgl. VDV-Schrift 755, S. 32.

<sup>54</sup> siehe Kapitel 2.1.2.3 Abschnitt 1 der vorliegenden Arbeit

<sup>55</sup> Vgl. VDV-Schrift 755, S. 33.

<sup>56</sup> Vgl. VDV-Schrift 755, S. 35.

<sup>57</sup> Vgl. Ril 408.21-27, Modul 2341A02.

<sup>58</sup> Gespräch mit dem Tf im Rahmen der Beobachtungsfahrt im Güterzug am 07.12.2016 (siehe Kapitel 2.4.1)

jedoch nicht angezeigt wird, oder umgekehrt. Dies kann zur Handlungsunsicherheit beim Tf führen. Denn er müsste seine Unterlagen mit dem auf der Strecke gesehenen abgleichen. Dabei kann ein Tf unter Druck bzw. Stress geraten. Daher wird hier noch Entwicklungsbedarf gesehen.

### **2.2.1.2 Infrastruktur**

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Veränderungen im Rahmen der Modernisierung der Infrastruktur und deren Bedeutungen für die Streckenkenntnis erläutert.

#### **Signalsysteme**

Im Bereich der Signalgebung und Signalisierung sind bis heute noch historisch bedingte Unterschiede erkennbar. Zum Beispiel finden sich auch nach der deutschen Wiedervereinigung u.a. in der Ril 301 immer noch Regelungen, die jeweils nur für den geografischen Raum der damaligen Staaten gelten.

Mit der Einführung des Ks-Signalsystems sollen die aktuell noch vorhandenen Form-, H/V- und HI-Signale abgelöst werden. Im Zuge dessen werden auch die Aufstellorte der neu angeordneten Signale angepasst.<sup>59</sup> Damit soll ein einheitlicher Gefahrpunktabstand oder Durchrutschweg erreicht werden.

Bei der Einführung des Ks-Signalsystems handelt es sich allerdings um einen langwierigen Prozess, der bei weitem noch nicht abgeschlossen ist. Wenn nur noch ein Signalsystem existiert, vereinfacht dies die Handhabung für den Tf. Da Kenntnisse über Signalsysteme zum Streckenkenntniserwerb gehören, vereinfacht dies auch den Umgang mit Streckenkunde.

#### **Ausrüstung mit Zugbeeinflussungssystemen**

Zu Beginn des Eisenbahnzeitalters gab es keinerlei technische Sicherungssysteme. Damals war vor allem das Fahrpersonal für die sicherere Durchführung des Zugverkehrs verantwortlich. Zu dieser Zeit war Streckenkenntnis dringend notwendig. In den 30er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts wurde die induktive Zugbeeinflussung (Indusi) in Deutschland eingeführt.<sup>60</sup> Die aktuelle fahrzeugseitige Variante wird als PZB 90 bezeichnet.

Früher waren in Deutschland die Strecken bei weitem nicht so gut sicherungstechnisch ausgerüstet wie heute. Vor allem die Strecken der ehemaligen deutschen Reichsbahn waren nach der Wiedervereinigung in großem Umfang mit Indusi nachzurüsten.

Aber auch mehrere Unfälle führten zur Weiterentwicklung der Indusi, so auch der Unfall in Rüsselsheim am 02.02.1990. So wurde Mitte der 90er Jahre das System PZB 90 eingeführt. Weiterhin hatte vor allem der Unfall in Hordorf am 29.01.2011 einen wesentlichen Einfluss auf die weitere Ausrüstung der Strecken:<sup>61</sup> Denn dieser war auf die Missachtung der Streckensignalisierung und dem Fehlen eines Zugbeeinflussungssystems zurückzuführen. Bis zu diesem Zeitpunkt waren Strecken mit einer Streckenhöchstgeschwindigkeit von bis zu 100 km/h nicht zwingend mit PZB ausgerüstet. Die Eisenbahnunfall-Untersuchungsstelle des Bundes (EUB) empfahl im Jahresbericht 2011 eine Nachrüstung mit dem Zugbeeinflussungssystem. Durch die daraus resultierende Änderung des § 15 EBO wurde vorgeschrieben, dass sämtliche Haupt- und Nebenbahnen mit einer zulässigen Streckengeschwindigkeit von mehr als 80 km/h mit PZB auszurüsten waren. Weiterhin sollten demnach auch Strecken, auf

---

<sup>59</sup> Vgl. Peisker (2015), S. 12.

<sup>60</sup> Vgl. Maschek (2013), S. 539.

<sup>61</sup> Vgl. EUB (2011), S. 16 und 28.

denen mehrere Züge gleichzeitig verkehren und entweder Reisezugverkehr stattfindet oder höhere Geschwindigkeiten als 50 km/h zugelassen sind, mit PZB ausgerüstet werden. Durch diese Änderungen sollte die Sicherheit im Eisenbahnverkehr verbessert werden, womit die Bedeutung an Streckenkenntnis abnahm.

### **Geschwindigkeitssignalisierung**

Aufgabe des Tf ist es, die zulässigen Geschwindigkeiten einzuhalten.<sup>62</sup> Dafür benötigt er zum einen Geschwindigkeitsinformationen des Fahrzeugs (Ist-Geschwindigkeit) und zum anderen die Geschwindigkeitsinformationen im Buchfahrplan oder über schriftliche Befehle (Soll-Geschwindigkeit). Wenn entweder der Tf fehlerhaft handelt oder Geschwindigkeitsinformationen fehlen oder falsch bereitgestellt werden, kann es zur Gefährdung „Geschwindigkeit nicht oder fehlerhaft überwacht“ kommen. Es kann angenommen werden, dass es sich bei falsch bereitgestellten Geschwindigkeitsinformationen um Ausnahmen handelt und der Tf die Fehlinformationen durch seine Streckenkenntnis schnell bemerken wird.

Geschwindigkeitsänderungen werden seit einigen Jahren konsequent durch das Signal Lf 7 an der Infrastruktur signalisiert.<sup>63</sup> Dies gilt auch für den Beginn höherer Geschwindigkeitsstufen. Das Lf 7 dient zur Orientierungshilfe für den Tf, denn sowohl durch den Fahrplan als auch durch seine Streckenkenntnis kennt er die jeweils erlaubte Geschwindigkeit. Das heißt, dass in Bezug auf die Nachrüstungen der Lf 7 an der Infrastruktur die Bedeutung der Streckenkenntnis abgenommen hat und für diesen Aspekt sogar darauf verzichtet werden könnte.

#### **2.2.1.3 Fahrzeugführung**

Streckenkenntnis war früher insbesondere bei Dampflokfahrten essenziell: Die Heizer mussten alle Neigungsverhältnisse genauestens kennen, um entsprechend heizen zu können. In Deutschland gibt es heutzutage bis auf touristischen Verkehr keine Dampflokfahrten mehr. Fahrzeuge mit Diesel- und Elektroantrieb reagieren schnell auf das Handeln der Tf und Züge können – zumindest im Personenverkehr – gut beschleunigen. Neigungsverhältnisse sollten nur noch für z.B. sehr schwere Züge (d.h. bestimmte Güterzüge) relevant sein, wenn sie in bestimmten Streckenabschnitten mit sehr starker Steigung nicht zum Stillstand kommen dürfen, da sie sonst nicht mehr anfahren könnten. Hier hat der Fahrdienstleiter (Fdl), oder vielmehr der Disponent in der Betriebszentrale, dafür Sorge zu tragen, dass die Züge entsprechend so disponiert werden, dass ein betriebsbedingtes Anhalten von Güterzügen verhindert wird. Aber auch bei schlechten Wetterverhältnissen sollten aufgrund der längeren Bremswege insbesondere bei leichten Triebwagen die Neigungsverhältnisse bekannt sein. Doch auch diese können durch die entsprechende Sägezahnlinie im Fahrplan gekennzeichnet werden.

#### **2.2.1.4 Moderne Medien**

Moderne Medien werden heutzutage in nahezu allen Bereichen genutzt, so auch bei EVU: Z.B. verteilte DB Schenker bis Ende 2013 Tablets an ca. 5000 Tf<sup>64</sup>. Diese sollten u.a. die mitzuführenden Unterlagen in digitaler Form bereitstellen. Im Folgenden werden moderne Medien dargestellt, die auch

---

<sup>62</sup> Vgl. Bepperling (2010), S.21.

<sup>63</sup> Vgl. Peisker (2015), S. 13.

<sup>64</sup> Vgl. DB AG (2012), o. S.

für Streckenkenntnis genutzt werden können oder für den Streckenkenntniserwerb entwickelt worden sind.

### **ISR-Viewer**

Bei dem ISR-Viewer handelt es sich um eine interaktive Karte, die Informationen zu Strecken und Betriebsstellen im gesamten Netz der DB darstellt. Insbesondere die Detailpläne in Form von Spurplänen der Betriebsstellen können eine Rolle bei örtlichen Besonderheiten spielen, die im Vor- oder Nachgang von Zugfahrten in den Knoten relevant und für Streckenkenntnis bedeutend sind. Sie enthalten vor allem die Bezeichnungen der Signale, Weichen und die Gleisnummern und erleichtern so ggf. die Kommunikation mit dem FdI/Weichenwärter (Ww). Der ISR-Viewer steht für jede Person online zur Verfügung<sup>65</sup>. Somit können die benötigten Informationen bei bestehender Internetverbindung jederzeit aufgerufen oder im Vorfeld heruntergeladen und auf dem Endgerät gespeichert sowie ausgedruckt werden.

### **Merkblatt-Film-Verfahren**

Die DB Regio AG Region Nordost nutzte in der Vergangenheit bereits mehrfach das Studium von Filmaufnahmen in Kombination mit einem erstellten Merkblatt gemäß des Musters der Anlage 4 „Merkblatt zum Erwerb der Streckenkenntnis“ der Ril 492.0775. Als Beispiele seien hier die Strecken von Löwenberg (Mark) nach Rheinsberg (Mark) sowie drei Strecken mit und um den Flughafen Berlin Brandenburg (inklusive einer Einweisung zum Selbstrettungskonzept Flughafentunnel Berlin BBI) genannt. Für die genannten Beispiele wurden der Autorin der vorliegenden Arbeit die jeweiligen Merkblätter und DVDs zur Verfügung gestellt.

Die Strecke von Berlin-Lichtenberg bis Berlin-Grünau war wegen umfangreicher Bauarbeiten länger als 10 Jahre gesperrt.<sup>66</sup> Am 30.11.2015 erfolgte die Freigabe für den Betrieb und ab 13.12.2015 dann die planmäßige Nutzung durch die Regionalbahnlinie 24. Die DVD zum Streckenkenntniserwerb wurde im Dezember 2015 erstellt und den ungefähr 250 bezüglich Streckenkenntnis zu schulenden Tf ausgehändigt.

Im Video zum Streckenkenntniserwerb zu den drei Strecken um den Flughafen Berlin erfolgte nicht nur eine Filmaufnahme mit originaler Strecke. Darüber hinaus wurden viele streckenkenntnisrelevante Informationen textuell an entsprechender Stelle im Video hinterlegt bzw. angezeigt. Als Beispiel ist im Bild 1 ein Screenshot des Videos zum Streckenkenntniserwerb der Fahrt für die Strecke 990 dargestellt. Dort ist zu sehen, dass die Richtungen der Gleise im Video erklärt worden sind.

---

<sup>65</sup> Link zum ISR-Viewer: [http://stredax.dbnetze.com/ISRViewer/public\\_html\\_de/svg/index.html](http://stredax.dbnetze.com/ISRViewer/public_html_de/svg/index.html)

<sup>66</sup> Vgl. Arendholz (2016), o. S.





**Bild 1: Screenshot des Videos der DB Regio AG Region Nordost zum Streckenkenntniserwerb**

### GPSInfradat

Die Firma Bahnkonzept erstellt im Rahmen des Projekts GPSInfradat DVDs zum Erwerb der Streckenkenntnis.<sup>67</sup> Dadurch wird ermöglicht, dass die Anforderungen an Streckenkenntnis der Anlage 8 der § 6 Absatz 3 TfV und der Ril 492.0755 bzw. VDV-Schrift 755 unkompliziert und zeitsparend erfüllt werden können. Dabei wird die gefahrene Strecke in einem Video realitätsnah dargestellt. Zusätzlich können Streckendetails eingeblendet werden. Zur Aufnahme der Strecke werden die Messtechniken am Tzf angebracht und vom Führerstand aus bedient.

Insbesondere die Darstellung von Zusatzinformationen zu einem Infrastrukturpunkt sind in Hinsicht auf den Streckenkenntniserwerb interessant:<sup>68</sup> Dazu gehören z.B. Signalzeichnungen (zur Vorstellung neuer oder geänderter Signalbegriffe) oder weitere Informationen durch Fotos, Datenblätter, Skizzen usw.

Das aktuellste Beispiel zur Anwendung der GPSInfradat-Streckenvisualisierungs-DVD zum Erwerb von Streckenkenntnis dürfte die Neubaustrecke Erfurt – Leipzig/Halle sein.<sup>69</sup> Diese kann seit dem Jahresfahrplan 2016 als zweiter Abschnitt des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit 8 (VDE 8.2) von Personen- und Güterverkehr genutzt werden. Hier erfolgte ein intensives Schulungsprogramm mittels des realen Streckenvideos und eines mit Beschreibungen und Skizzen hinterlegten erstellten Streckenprospektes. Sowohl die DVD als auch der Prospekt wird über die Webseite der DB Netz AG zur Verfügung gestellt. Bei den Aufnahmen handelt es sich um Aufnahmen in beide Fahrtrichtungen.

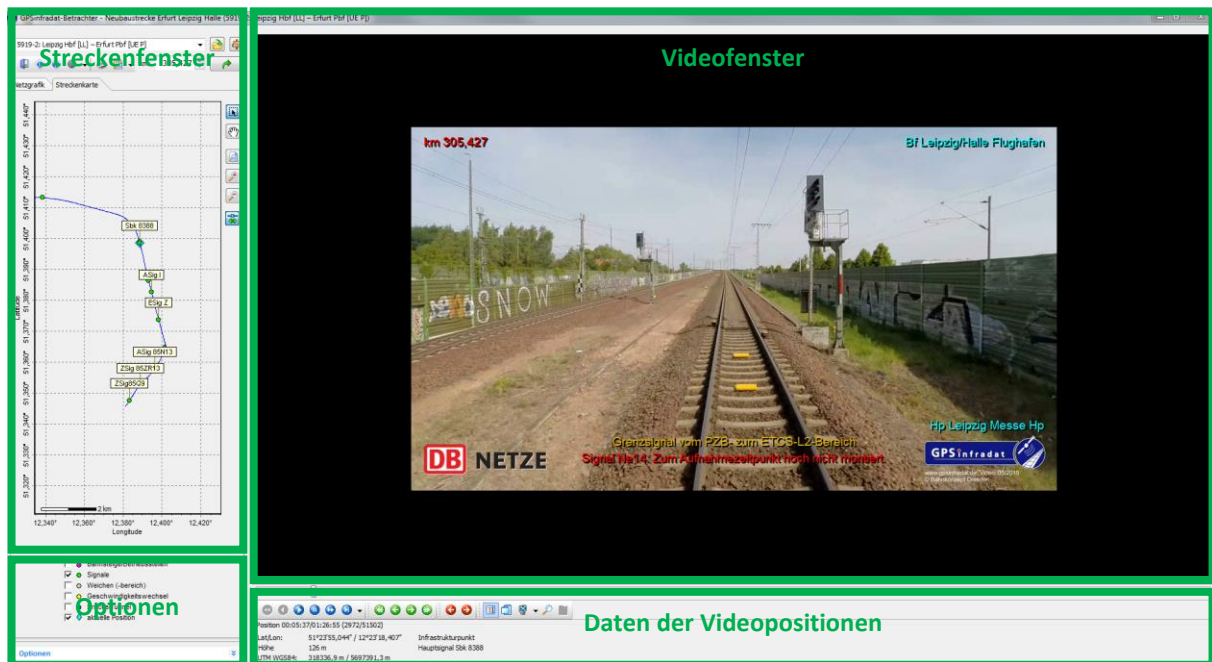
<sup>67</sup> Vgl. Bahnkonzept (o. J.), o. S.

<sup>68</sup> Vgl. DB Netz AG (2015), S. 176.

<sup>69</sup> Vgl. DB Netz AG (2016), o.S.

GPSInfradat wurde bereits auf weiteren Strecken zum Streckenkenntniserwerb angewendet. Als Beispiele seien der City Tunnel Leipzig, der Katzenbergtunnel oder der Ausbau S60 / S4 in Stuttgart genannt.

Das folgende Bild 2 zeigt die Bedienoberfläche des GPSInfradat-Betrachters. Diese besteht aus vier Teilen: Dem Streckenfenster, dem Videofenster, Optionen und Daten der Videopositionen.<sup>70</sup> Die vier Teile sind ebenfalls im eingezeichnet. Das Strecken- und das Videofenster werden im Folgenden kurz erläutert. Die Erläuterungen sind der Kurzanleitung des GPSInfradat-Betrachters entnommen.



**Bild 2: Bedienoberfläche GPSInfradat<sup>71</sup>**

Im Streckenfenster kann u.a. die gewünschte Strecke ausgewählt oder auch die Gegenrichtung geladen werden. Weiterhin kann z.B. eine Kilometrierung der Strecke eingegeben werden, woraufhin das entsprechende Videobild mit zugehörigen Daten angezeigt wird. Es kann u.a. zwischen folgenden Aspekten ausgewählt und somit entschieden werden, ob diese im Streckenfenster angezeigt werden: Bahnsteige / Betriebsstellen, Signale, Weiche (-bereich), Geschwindigkeitswechsel, Brücke / Tunnel und aktuelle Position.

Das Videofenster zeigt zunächst das Video der ausgewählten Strecke an. Zusätzlich kann jede Position im Video ausgewählt (auch das Springen zu bestimmten Punkten ist möglich), das Video vor- und rückwärts abgespielt und die Wiedergabegeschwindigkeit variiert werden. Ebenfalls lässt sich hier einstellen, ob das Video automatisch z.B. bei Punkten mit Zusatzinformationen angehalten werden soll.

Dank dieser Funktionen ist es möglich, Abschnitte ohne Besonderheiten einzukürzen und auf diese Weise Zeit einzusparen. Andere relevantere Aspekte wiederum, wie Streckenwechsel, große Bahnhöfe und Knoten können mehrfach „befahren“ werden.

<sup>70</sup> Vgl. Bahnkonzept (2012), S. 2 ff.

<sup>71</sup> Eigene Darstellung, in Anlehnung an DB Netz AG (2015), Anlage 5.

### 2.2.2 Entwicklungsmöglichkeiten

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse der im Rahmen der Masterarbeit von Peisker (2015) durchgeführten Untersuchung zum Thema „Anpassungsvarianten der Streckenkenntnisanforderungen“ dargestellt werden. Bei den Anpassungsvarianten handelt es sich um Weiterentwicklungsmöglichkeiten in Bezug auf Streckenkenntnis. Diese beziehen sich auf Deutschland und nicht auf Anpassungen bzw. Änderungen auf EU-Ebene. Neben der Betrachtung der formalen Änderungen wurden auch mögliche Änderungen unter Einbeziehung technischer Begleitmaßnahmen bewertet.

Bei der Masterarbeit von Peisker (2015) handelt es sich um die einzige wissenschaftliche Arbeit, die in der Literatur zum Thema „Streckenkenntnis“ gefunden wurde. Sie dient als Input für weitere Überlegungen.

#### 2.2.2.1 Formale Anpassungen ohne technische Begleitmaßnahmen

Die Untersuchung von Peisker (2015) ergab, dass das Beibehalten des Status Quo vor allem hinsichtlich wirtschaftlicher und administrativer Aspekte für EVU nachteilig sei.<sup>72</sup> Die Verschärfung von Streckenkenntnisanforderungen wurde in ihrer Gesamtheit als negativ angesehen: Bei einem nur leichten Sicherheitsgewinn, ergeben sich negative Auswirkungen hinsichtlich des Betriebs insgesamt und auf wirtschaftliche Aspekte sowie administrative Abläufe bei den EVU. Auch von der kompletten Abschaffung sei vor allem wegen negativer Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau und der mehrheitlichen Ablehnung dieser Variante von den Marktteilnehmern abzuraten. Eine Abschaffung der Streckenkenntnis würde außerdem gegen die EU-Vorgaben verstoßen

Zusätzlich wurde von Peisker (2015) angedeutet, dass aufgrund des Entwicklungsstands der Technik und der Harmonisierung die Bedeutung von Streckenkenntnis heutzutage – im Gegensatz zu früher – eher abgenommen hat. Auch ergab eine durchgeführte Befragung der Marktteilnehmer, dass diese eher punktuelle Entschärfungen der Streckenkenntnisregeln favorisieren würden<sup>73</sup>.

Wegen der eben benannten Gründe wird im Folgenden nur die Anpassungsmöglichkeit „Reduzierung der Streckenkenntnisanforderungen“ berücksichtigt. Peisker (2015) bewertete folgende Maßnahmen, die die Anforderungen an Streckenkenntnis reduzieren würden:<sup>74</sup>

- Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis ohne Geschwindigkeitsvorgaben bzw. deutliche Erhöhung der erlaubten Geschwindigkeiten
- Theoretisches Unterlagenstudium zum vollständigen Streckenkenntniserwerb
- Verlängerung des Zeitraums bis zum Erlöschen der Streckenkenntnis
- Abschaffung der Lotsenpflicht

Als Kriterien zu Bewertung der Maßnahmen wurden der Sicherheitslevel, betriebliche Abläufe, die technische Machbarkeit, die Wirtschaftlichkeit, administrative Abläufe und die EU-Vereinbarkeit herangezogen. Die folgenden Bewertungen sind dem Kapitel 6.3.2.2 in Peisker (2015) entnommen.

---

<sup>72</sup> Vertiefend sei dazu auf Peisker (2015), S. 61, 62 ff und 70 ff verwiesen.

<sup>73</sup> Vgl. Peisker (2015), S. 51; siehe auch Kapitel 2.3 der vorliegenden Arbeit.

<sup>74</sup> Vgl. Peisker (2015), S. 54.

Bei einer Reduktion der Anforderungen an die Streckenkenntnis – unter Beibehaltung des theoretischen Unterlagenstudiums zum Streckenkenntniserwerb – sei nicht mit signifikanten Veränderungen bezüglich des Sicherheitslevels zu rechnen. Durch den gegenwärtigen Stand der Infrastruktur bis hin zur weiteren Entwicklung könne das Risiko minimiert werden. Dies gelte selbst für das Fahren mit höheren Geschwindigkeiten bei eingeschränkter Streckenkenntnis.

Wenn Geschwindigkeitsbeschränkungen aufgrund eingeschränkter Streckenkenntnis deutlich reduziert oder sogar abgeschafft werden würden, hätte dies positive Auswirkungen auf den Betriebsablauf, da u.a. die Gesamtkapazität im Netz erhöht werden könnte oder aufgrund des harmonischeren Geschwindigkeitsprogramms der Betriebsablauf flüssiger werden würde<sup>75</sup>. Auch die Planungssicherheit für die EVU in Bezug auf die zeitliche Umlaufplanung würde sich erhöhen. Dahingegen würde den Tf durch die höheren Geschwindigkeiten eine deutlich reduzierte Reaktionszeit auf unvorhergesehene Infrastruktursituationen zur Verfügung stehen. Dies könnte mit Zwangs- oder eingeleiteten Schnellbremsungen einhergehen, was aus Sicht der Fahrgastfreundlichkeit negativ zu bewerten wäre. Auch die anfangs aufgeführten Zeitvorteile könnten vor allem durch nicht vorhandenes oder ungenügendes Wissen in Knoten wieder neutralisiert werden, da eine intensivere Kommunikation zwischen dem Tf und der zuständigen Stelle oder alternativ das Selbststudium von Unterlagen im Führerstand erforderlich wäre.

Die wirtschaftlichen Vorteile wären entgegen der Erwartungen nicht sehr hoch, dennoch wurde erörtert, dass und warum eine Reduktion der Streckenkenntnisanforderungen sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit und vor allem den administrativen Bereich auswirkte. Dieser würde für EVU deutlich zurückgehen, da vor allem der Aufwand beim eingesetzten Personal sinken würde, was wiederum einen positiven Effekt auf die Wirtschaftlichkeit nach sich zieht. Denn das an Streckenkenntnismaßnahmen gebundene Personal müsste weniger häufig durch anderes Personal ersetzt werden. Dies kommt daher, dass die Tf sich weniger mit dem Erwerb und dem Erhalt der Streckenkenntnis beschäftigen müssten. Des Weiteren könnte der Teil für die Organisation von Mitfahrten zum Streckenkenntniserwerb entfallen und das Personal wäre anderweitig einsetzbar.

Außerdem seien die vorgeschlagenen Anpassungsvarianten grundsätzlich mit den aktuellen EU-Vorgaben vereinbar, da die Diskriminierungsfreiheit weiterhin gegeben wäre und der Sicherheitslevel nicht gesenkt werden würde.

Da es sich nach Peisker (2015) um rein formale Anpassungen handelte, erfolgte keine Bewertung der technischen Machbarkeit.

Ausgehend von den eben aufgeführten Überlegungen bewertete Peisker (2015) die Reduzierung der formalen Anforderungen an Streckenkenntnis zusammenfassend als positiv.

### **2.2.2.2 Formale Anpassungen mit technischen Begleitmaßnahmen**

Die bereits im Kapitel 2.2.2.1 genannten Anpassungsmöglichkeiten „Beibehaltung des Status Quo“, „Verschärfung der Streckenkenntnisanforderungen“, „Abschaffung der Streckenkenntnisanforderungen“ und „Reduzierung der Streckenkenntnisanforderungen“ wurden ebenfalls von Peisker (2015) unter Berücksichtigung zwei technischer Begleitmaßnahmen neu bewertet. Bei den technischen Be-

---

<sup>75</sup> Anmerkung der Autorin: Dies gilt nur unter der Annahme, dass in Deutschland häufig mit eingeschränkter Streckenkenntnis mit Geschwindigkeitsbeschränkung gefahren wird.

gleitmaßnahmen handelte es sich zum einen um ETCS (hier war primär der Leitaspekt interessant) und zum anderen um mobile Endgeräte (vorrangig bahnfeste Tablet-Computer bzw. Laptops). Es wurde bewertet, inwiefern durch die technischen Begleitmaßnahmen die oben benannten Nachteile der Anpassungsmöglichkeiten minimiert bzw. weitere Vorteile erreicht werden können.

ETCS kann nur einen Teil der klassischen, in der VDV-Schrift 755 aufgeführten Streckenkenntnisinformationen liefern.<sup>76</sup> Hierzu zählt z.B. die Darstellung der Neigungsverhältnisse der Strecke oder der Wechsel des Zugbeeinflussungssystems. Andere Besonderheiten, wie der anschließende Weichenbereich oder nicht angekündigte Geschwindigkeitswechsel, werden nicht angezeigt. Jedoch werden diese „fehlenden Punkte“ mittels der Überwachung und ab Level 2 der kontinuierlichen Führung des Zuges durch ETCS berücksichtigt, sodass eine Darstellung nicht zwingend notwendig ist. Anzumerken ist, dass andere Teilaspekte der Streckenkenntnis z.B. bei Fahrten in der Rückfallebene oder bei Fehlleitungen auch durch ETCS vermutlich nicht abgedeckt werden können.

Mobile Endgeräte dienen nicht zum Einsatz in der Leit- und Sicherungstechnik, sondern vorrangig dazu, Zusatzinformationen bereitzustellen und den Papierbedarf im Führerraum einzudämmen.<sup>77</sup> Sie eignen sich damit sehr gut zur Unterstützung des Tf mit Informationen zur Streckenkenntnis. Es können beispielsweise Bahnhofspläne oder die „Angaben für das Streckenbuch“ bereits auf dem Tablet gespeichert und jederzeit eingesehen werden. Da diese „Komfortfunktionen“ mittels ETCS nicht gegeben sind, können mobile Endgeräte hier ergänzend eingesetzt werden. Daher wurde bei der Bewertung formaler Anpassungsmöglichkeiten mit technischen Begleitmaßnahmen „ETCS“ und „mobile Endgeräte“ als eine gemeinsame Begleitmaßnahme betrachtet.

Zusammenfassend wurde in der Untersuchung dargestellt, dass die Auswirkungen von ETCS und mobilen Endgeräten auf die jeweiligen Anpassungsmaßnahmen deutlich positiv zu bewerten sind.<sup>78</sup> Dies gilt vor allem für den sicherheitlichen Aspekt. Denn ETCS übernimmt die Aufgabe der Überwachung der Zugfahrt und ab Level 2 die Aufgabe einer kontinuierlichen Führung. Dadurch können Signalverfehlungen oder das Überschreiten der zulässigen Geschwindigkeiten verhindert werden. Auch weitere streckenkenntnisrelevante Aspekte werden durch ETCS berücksichtigt: So wird beispielsweise das Überwachen des Freifahrens des anschließenden Weichenbereichs durch das System übernommen oder Streckenneigungen sind in die Führungsparameter eingearbeitet. Durch mobile Endgeräte kann der Tf vor allem unterstützt werden, indem schnell und gezielt auf die für ihn benötigten Dokumente und Informationen zugegriffen werden kann.

Anzumerken sei, dass die technische Ausrüstung mit mobilen Endgeräten bereits heutzutage zu keinen Problemen führt.<sup>79</sup> Selbiges gilt grundsätzlich auch für den Einsatz von ETCS. Jedoch ist dabei zu beachten, dass es sich bei der Implementierung um einen langwierigen Prozess handelt und auf lange Sicht die gesamte Infrastruktur in Deutschland nicht mit ETCS ausgerüstet wird. Die technische Unterstützung durch ETCS kann also nur in Teilbereichen voll genutzt werden. Das heißt in den übrigen Bereichen würde die Abschaffung von Streckenkenntnis zu einer Reduzierung des Sicherheitsniveaus führen.<sup>80</sup> Des Weiteren würde auch hier das Abschaffen gegen die EU-Vorgaben verstoßen.

---

<sup>76</sup> Vgl. Peisker (2015), S. 81 ff.

<sup>77</sup> Vgl. ebd., S. 75 und 84 ff.

<sup>78</sup> Vgl. ebd., S. 100.

<sup>79</sup> Vgl. ebd., S. 101.

<sup>80</sup> Vgl. ebd., S. 98.

ETCS und mobile Endgeräte würden sich bei der formalen Verschärfung der Anforderungen vorrangig im Bereich der Sicherheit und bei einigen Aspekten der Verwaltung der Streckenkenntnis positiv auswirken.<sup>81</sup> Die Auswirkung von ETCS auf die Sicherheit wurde bereits weiter oben begründet. Als Beispiel für den positiven administrativen Ablauf seien die schnelle und zielgerichtete Bereitstellung der für die Tf benötigten Unterlagen durch mobile Endgeräte genannt, wodurch der Zeitaufwand auf ein Minimales reduziert werden könnte. Die Verschärfung würde sich jedoch weiterhin negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirken, wenn auch nicht mehr so stark wie bei einer Verschärfung der Anforderungen ohne technische Begleitmaßnahmen. Denn positiv wirke sich hier aus, dass durch mobile Endgeräte der Streckenkenntniserwerb jederzeit durch das Anschauen von Filmaufnahmen mit der originalen Strecke erfolgen könnte. Auf reale Fahrten ließe sich somit verzichten und Personalausfallzeiten etwas minimieren.

Bei einer Regelreduzierung wirkten sich die technischen Begleitmaßnahmen noch positiver aus.<sup>82</sup> Das Sicherheitslevel würde sich erhöhen, da die reduzierten Streckenkenntnisanforderungen neben der modernisierten Infrastruktur auch zusätzlich z.B. durch die kontinuierliche Überwachung (Level 2) und Führung der Zugfahrt durch ETCS abgefangen werden würde. Betriebliche Nachteile können überwiegend durch ETCS beseitigt werden. So wäre eine materialschonendere und energiesparendere Fahrweise möglich, da kein Signal plötzlich z.B. hinter einer Kurve auftauchen würde (diese Vorteile bestehen heutzutage ebenfalls schon durch die linienförmige Zugbeeinflussung (LZB)). Diese vorausschauende Fahrweise trägt auch automatisch dazu bei, dass weniger Schnellbremsungen einzuleiten sind und wirkt sich gleichzeitig positiv auf das Fahrgastempfinden aus. Die durch fehlende Streckenkenntnis verursachten Geschwindigkeitseinbrüche könnten verringert und die Kapazität somit gesteigert werden. Ebenso ließe sich eine Reduzierung der Anforderungen unter Vorhandensein technischer Begleitmaßnahmen mit den EU-Vorgaben vereinbaren. Auch die administrativen Abläufe innerhalb eines EVU ließen sich gerade vor dem Hintergrund einer effizienteren innerbetrieblichen Prozessgestaltung durch Automatisierung deutlich erleichtern. Damit einher gehen auch wirtschaftliche Vorteile (z.B. können aufgrund der vorausschauenderen und harmonischeren Fahrweise Einsparungen beim Energieverbrauch erzielt werden). Nachteilig auf den wirtschaftlichen Aspekt wirkten sich allerdings die Kosten für die Anschaffung der technischen Unterstützung und die Systempflege aus. Zusammenfassend wurde die Kombination von der Regelreduzierung bei gleichzeitigem Einsatz technischer Begleitmaßnahmen von Peisker (2015) als sehr positiv verwertet.

### 2.3 Bedeutung für die Marktteilnehmer

Im Rahmen der Masterarbeit von Peisker (2015) wurde im Frühjahr 2015 eine Datenerhebung zur Streckenkenntnisbewertung der Marktteilnehmer durchgeführt.<sup>83</sup> Dabei wurden EVU und nichtbundeseigene EIU mittels einer Onlineumfrage befragt. Bei bundeseigenen EIU (DB Netz AG), EBA, VDV, EUB und Bundesnetzagentur (BNetzA) fanden die Befragungen ausgewählter Personen per E-Mail oder Telefon statt. Eine Befragung der ERA konnte wegen Schwierigkeiten bei der Kontaktaufnahme nicht durchgeführt werden. An der Onlinebefragung nahmen 17 EVU teil. Insgesamt gab es zu diesem Zeitpunkt über 400 EVU, die im Register des EBA aufgeführt waren, davon wurden 66 kontaktiert. Im

---

<sup>81</sup> Vgl. Peisker (2015), S. 86 ff.

<sup>82</sup> Vgl. ebd., S. 92 ff.

<sup>83</sup> Vgl. ebd., S. 30–52.

Bereich der nichtbundeseigenen EIU wurden 35 der 300 beim EBA aufgeführten Unternehmen kontaktiert. Allerdings folgten nur 5 Unternehmen dem Aufruf zur Teilnahme an der Onlinebefragung.

Folgende Aspekte wurden bei der Erhebung schwerpunktmäßig untersucht: Die aktuell angewendeten Regelungen zu der Thematik „Streckenkenntnis“ sollten bezüglich Sinnhaftigkeit bewertet werden. Vor- und Nachteile der aktuellen Regeln zur Streckenkenntnis sollten untersucht werden. Weiterhin wurden mögliche Auswirkungen von Regelanpassungen sowie deren Notwendigkeit bewertet. Außerdem sollte eine Einschätzung und Bewertung konkreter Anpassungsvarianten erfolgen. Die in Folge dargestellten wichtigsten Ergebnisse wurden dem fünften Kapitel von Peisker (2015) entnommen.

Die aktuellen Regelungen zum Umgang mit Streckenkenntnis unter Anwendung der VDV-Schrift 755 wurden von fast allen Befragten ähnlich positiv bewertet. Dabei sahen die Befragten insbesondere zum einen das hohe Sicherheitslevel und zum anderen eine effiziente Fahrweise als Vorteile aufgrund der Streckenkenntnis. So fanden viele befragte EVU, dass durch das stets gut geschulte Personal u.a. die sicherere Handlungsweise bezüglich des vorausschauenden Fahrens möglich sei. Den Vorteilen standen jedoch auch Nachteile gegenüber, wie ein hoher administrativer Aufwand für den Erwerb, Erhalt und der Dokumentation der Streckenkenntnis oder der erhöhte Mehraufwand an Kosten für Streckenkenntnis. Zu erhöhten Kosten bei EVU kommt es demnach durch die Stellung der Lotsen und Personalschulungen, inklusive des nicht für die eigentliche Arbeit zu Verfügung stehenden Personals während der Schulungen.

Auch wurde der Aspekt angemerkt, dass der freie Personaleinsatz durch die Anwendung der Streckenkenntnisregelungen eingeschränkt werde. Daraus würden sich betriebliche Einschränkungen ergeben. Aufgrund der für alle Teilnehmer des Marktes gleichen Netzzugangsbedingungen wurden aber kaum wettbewerbliche Nachteile gesehen. Auch von der BNetzA als oberste nationale Regulierungsbehörde wurden keine gravierenden Nachteile für EVU beim Netzzugang bezüglich Streckenkenntnis festgestellt. Zwei der befragten EVU fühlten sich aber im Wettbewerb benachteiligt. Dies konnte aber nicht durch die Netzzugangsbedingungen verursacht worden sein (denn die sind für alle gleich, wie eben erläutert worden ist). Vielmehr wurde vermutet, dass bei einigen kleineren EVU Probleme entstehen, da aufgrund der geringen Größe des Unternehmens nur wenige Tf zur Verfügung stünden und daher z.B. die Personaleinsatzplanung bezüglich vorhandener Streckenkenntnis weniger flexibel gestaltet werden könnte.

Bei der Auswertung der Unfälle und Störungen durch die EUB wurden keine Ereignisse festgestellt, die nur durch mangelnde Streckenkenntnis allein entstanden sind, sondern es spielten stets mehrere Faktoren eine Rolle. Anzumerken sei hier auch, dass es sich bei den zustande gekommenen Ereignissen überwiegend um Signalverfehlungen handelte. Ein weiteres interessantes Ergebnis der Befragung der EUB war allerdings der Aspekt, dass sich bei ca. der Hälfte der aufgeführten Ereignisse mindestens zwei Personen im Führerraum befanden. Somit kann vermutet werden, dass sich die erhöhte gegenseitige Ablenkung „begünstigend“ auf die Entstehung der Ereignisse ausgewirkt hat. Der Autorin der vorliegenden Arbeit liegt ein Bericht der staatlichen Eisenbahngesellschaft der Niederlande vor, der beschäftigte sich genau mit diesem Aspekt beschäftigte<sup>84</sup>: Im Rahmen einer Simulatorstudie wurden die Auswirkungen der Anwesenheit einer weiteren Person im Führerstand auf die Fahrleis-

---

<sup>84</sup> Vgl. Verstappen (2015), o. S.

tung des Tf untersucht. Dort war das wesentliche Ergebnis, dass zwei Tf auf dem Führerstand sich gegenseitig ablenkten und dies einen negativen Einfluss auf die Fahrleistung des Tf hatte. Bei den Erwerbsmöglichkeiten durch die Mitfahrt im Führerraum eines streckenkundigen Kollegen oder die selbständige Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person (Lotse) kommt es zwangsläufig dazu, dass sich mehr als ein Tf im Führerraum befindet.

Die meisten der Befragten hielten Anpassungen der bestehenden Regelungen der Streckenkenntnis für möglich. Dies sei wegen des fortgeschrittenen Modernisierungsgrads des Netzes sowie der Harmonisierung der Infrastruktur möglich. Tendenziell favorisierten die Befragten eher die Entschärfung der Regelungen bei bestimmten Punkten. Hier wurde beispielsweise an die Aufhebung von Geschwindigkeitsrestriktionen in bestimmten Teilbereichen – wie den TEN-Korridoren<sup>85</sup> – gedacht. Auch das EBA sah Anpassungen der Regeln zur Streckenkenntnis durchaus als realistisch an. Allerdings dürften diese nur unter Voraussetzung der Beibehaltung des aktuellen Sicherheitslevels vorgenommen werden. Auf keinen Fall dürfte es abgesenkt werden).

Zwar würde eine Entschärfung bzw. Reduzierung der Anforderungen an Streckenkenntnis aus Sicht der befragten EVU zu einer Reduzierung der Kosten und teilweise des administrativen Aufwands führen. Dennoch wurde eine großflächige oder sogar gänzliche Abschaffung der Anforderungen von der Mehrheit der EVU abgelehnt. Durch punktuelle Anpassungen der Regelungen wurden allerdings Erleichterungen erwartet. Je besser jedoch die Infrastruktur ausgebaut bzw. modernisiert sei, desto eher würden sich die EVU für eine Reduzierung der Streckenkenntnisanforderungen aussprechen. Grundsätzlich wurde eine Verschärfung der Regelungen auch durch die DB Netz AG abgelehnt, zumal dies die Kosten leicht erhöhen würde.

Eine Weiterentwicklung des europäischen Rechtsrahmens ist möglich, der die einzelnen Länder dazu veranlasst, ihre Regelungen bezüglich Streckenkenntnis aufzustellen. Bei der weiteren europäischen Harmonisierung sollte es auf keinen Fall zu einer wirtschaftlichen Belastung der Eisenbahnunternehmen in Deutschland kommen. Diese Weiterentwicklung wird aktiv vom VDV verfolgt. Im Kapitel 2.1.1.2 der vorliegenden Arbeit wurden bereits die von der ERA erstellten Vorschläge zur Überarbeitung der Ril 2007/59/EG dargestellt. Bei dem Erstellungsprozess des Berichts der ERA war u.a. der VDV beteiligt.

## **2.4 Beobachtungsfahrten**

Um sich einen Eindruck darüber zu verschaffen, was Streckenkenntnis in der Praxis genau bedeutet und welche Aspekte dabei eine Rolle spielen, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit jeweils eine Fahrt im Führerraum eines Güterzug und eines Reisezuges begleitet. Die aus Sicht der Autorin streckenkenntnisrelevanten Beobachtungen werden im Folgenden zusammenfassend wiedergegeben.

### **2.4.1 Güterzug**

Die Beobachtungsfahrt im Güterverkehr erfolgte als Mitfahrt im Führerraum eines Güterzuges auf der Strecke Fulda – Gemünden – Augsburg – München Nord Rbf – München-Milbertshofen und einer anschließenden Loküberführung nach Ingolstadt. Der Zug hatte eine Länge von 639 m und war mit einer Drehstrom-Elektrolok vom Typ „Vectron“ bespannt. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit be-

---

<sup>85</sup> TEN = Transeuropäische Netze



trug 100 km/h, die aber wegen geringer Bremsleistung in zahlreichen Abschnitten auf bis zu 85 km/h reduziert war. Der Güterzug fuhr signalgeführt, die Triebfahrzeugfahrt erfolgte abschnittsweise LZB-geführt<sup>86</sup>.

### 2.4.1.1 Vorbereitung auf die Strecke

Während der gemeinsamen Anreise zum Dienstbeginn erläuterte der begleitete Tf die bevorstehende Fahrt und die aus Streckenkenntnissicht relevanten Aspekte anhand Eisenbahnatlas, ÖRil und Fahrplan. Zusätzlich ist es essenziell, sich vor jeder Fahrt über eventuelle La-Berichtigungen zu informieren.

Der Tf mit ca. einem halben Jahr Berufserfahrung hatte Streckenkenntnis auf dem nördlichen Abschnitt der Strecke „klassisch“ durch Fahrt in Begleitung eines streckenkundigen Tf erworben. Auf dem südlichen Abschnitt musste er bei der Erstbefahrung ohne Streckenkenntnis fahren, da es aufgrund einer Störung im Netz während der Anreise zum Dienst zu einer kurzfristigen Änderung des Fahrtablaufs kam. Er hatte sich dann vor der Abfahrt anhand der ÖRil und eines Eisenbahnatlas mit der Streckenführung, den Signalisierungen an Streckenverzeigungen, Möglichkeiten des Umleitens unter erleichterten Bedingungen usw. vertraut gemacht. Sk-Signale<sup>87</sup> kannte er aus seiner Tf-Ausbildung. Der Tf berichtete, dass er sich beim Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis bis auf zwei Stellen sicher und wohl fühlte: In Augsburg war ein Ausfahrtsignal wie ein Blocksignal angeordnet. Dies führte dazu, dass er aufgrund leichter Verunsicherung langsamer fuhr. Nach kurzer Zeit konnte er sich jedoch anhand der Signalbezeichnung orientieren. Auch bei der Verzweigung in Olching fühlte er sich leicht unsicher.

Für den Tf waren insbesondere die Abzweigungen relevant, damit er eine Fehlleitung verhindern bzw. aufdecken könnte, bevor ein Zug auf einen für ihn nicht vorgesehenen Fahrweg geleitet werden würde oder damit nicht versehentlich anhand nicht zur Strecke passender Fahrplanunterlagen gefahren wird. Auf den am Tag der Mitfahrt zu befahrenden Strecken waren viele Abzweige und somit Richtungszeiger angeordnet (z.B. Würzburg Hbf, Heidingsfeld, Ansbach, Treuchtlingen, Olching). Da die Autorin der vorliegenden Arbeit diese Strecken das erste Mal im Führerraum befuhr, konnte ein guter Eindruck darüber gewonnen werden, wie schwierig es war, sich alle relevanten Richtungsanzeiger zu merken. Dies ist aus Sicht der Autorin mit einer einzelnen Fahrt nicht zu bewerkstelligen. Daher waren während der Fahrt öfter die „Angaben für das Streckenbuch“ heranzuziehen, um die Bedeutung der Richtungsanzeiger in Erinnerung zu rufen. Dies stellt nicht unbedingt einen sicherheitsrelevanten Aspekt dar, kann aber unter gewissen Umständen anstrengend werden oder den Betrieb stören, so etwa beim Einlassen eines elektrischen Triebfahrzeugzugs auf eine nicht elektrifizierte Strecke. Allerdings könnte aus Sicht des Tf eine Fehlleitung unter bestimmten Kriterien doch sicherheitskritisch sein, insbesondere dann, wenn die Umleitung nicht erkannt wird und dort mit niedrigeren Streckengeschwindigkeiten gefahren werden müsste.

Insbesondere der Knoten Augsburg war relevant, da von dort bis nach München zwei Strecken parallel verlaufen, bei denen Umleiten unter erleichterten Bedingungen möglich ist. Anhand der „Angaben

---

<sup>86</sup> Bis München verkehrte der Zug als Güterzug und hatte auf den LZB-Abschnitten zu wenig Bremsleistung, um LZB-geführt fahren zu können. Ab München verkehrte der Zug als Triebfahrzeugfahrt, die Bremsleistung waren dann ausreichend, um in die LZB-Führung aufgenommen zu werden.

<sup>87</sup> siehe letzter Abschnitt dieses Kapitels

für das Streckenbuch“ mit seinen schematischen Netzplänen war zu entnehmen, dass die HGV-Strecke nördlich und die Nahverkehrs- / Güterbahn südlich läuft. Kenntnis darüber war wichtig, damit der korrekte Fahrplan ausgewählt wurde (u.a. sind auf den jeweiligen Strecken unterschiedliche Geschwindigkeiten zugelassen). Ohne Streckenkenntnis könnte der Tf weiterhin mittels des Abgleichs der Signalbezeichnungen an der Strecke mit den Signalen im Fahrplan erkennen, welche der beiden Strecken er befährt. Als weiteres Indiz konnte auch der Eisenbahnatlas dienen, der für die südliche Strecke diverse Haltepunkte (Hp) aufweist, was auf die Nahverkehrs- / Güterbahn hinweist, auf der auch der Güterzug fahren sollte.

Der Knoten Donauwörth war weniger interessant, hier konnte die Autorin bereits durch das Anschauen des Eisenbahnatlas' erkennen, dass es sich bei der abzweigenden Strecke um eine eingleisige Strecke handelt und daher eine Fehlleitung durch den Tf einfach erkannt werden könnte. Hier gab es auch keine Richtungsanzeiger.

Es war für den Tf nicht relevant, in den „Angaben für das Streckenbuch“ die abweichenden Signalstandorte nachzuschlagen, da diese während der Fahrt an der Strecke mit entsprechender Regelwerkskunde immer eindeutig dem richtigen Gleis zugeordnet werden können. Mit der Signalbezeichnung (z.B. S568) kann zudem jederzeit ein Abgleich mit dem Signal im Fahrplan erfolgen.

An der Strecke Augsburg – Donauwörth stehen die in Deutschland einmalig vorhandenen Sk-Signale. Dabei handelt es sich um Versuchssignale aus dem Jahr 1977, die als Vorläufer der aktuellen Ks-Signalisierung betrachtet werden können. Dies sollte im Vorfeld der Fahrt bekannt sein und ist bei den „Besonderen Bestimmungen“ der „Angaben für das Streckenbuch“ aufgeführt. Früher war die Kenntnis darüber noch bedeutender als heutzutage. Durch die große Ähnlichkeit der Signalbegriffe mit dem Ks-System sind die Sk-Signale für den Ks-kundigen Tf recht einfach zu verstehen.

### **2.4.1.2 Während der Fahrt**

Zusätzlich zu den Beobachtungen gab der streckenkundige Tf Hinweise zu streckenkenntnisrelevanten Aspekten während der Fahrt. Er benannte und zeigte u.a. Stellen, deren Befahren ohne Streckenkenntnis z.B. zu leichter Verunsicherung führen könnte.

Zu Beginn der Fahrt gab es Nebel, der die Sicht deutlich einschränkte. In diesem Fall ist es besonders hilfreich, die Signalstandorte zu kennen, da es den ständigen Abgleich mit dem Fahrplan erspart. Allerdings wird auch ein Tf, der die Strecke sehr oft befahren hat, nicht alle Standorte der Signale kennen, da sich deren Anzahl bei einer Fahrt schnell auf mehrere 100 summiert. Es ist daher kaum möglich, alle Signalstandorte zu kennen. So wird sich der Tf vor allem die Signalstandorte merken, die öfter Halt oder Geschwindigkeitsänderungen zeigen, während sich Signale, die normalerweise einen Fahrtbegriff zeigen (Blocksignale, kleine Bahnhöfe, wo fast immer durchgefahren wird), nicht so gut einprägen.

Wenn die Strecke nicht bekannt ist, kann es u.U. zu geringen Fahrzeitverlusten kommen. Als Beispiel seien hier die Einfahrt in Würzburg Hbf und die Verzweigung in Würzburg-Heidingsfeld genannt: Das Einfahrtssignal (Esig) von Würzburg zeigte den Begriff „Fahrt“ und „Halt erwarten“. Zusätzlich war ein Geschwindigkeitsvoranzeiger für 30 km/h angebracht. Wenn die Lage des 500 Hz-Magneten nicht bekannt ist, kann mit einem Güterzug in Zugart U nur langsam gefahren werden, um eine Zwangsbremmung durch die 500Hz-Überwachung (es darf nur 20 km/h gefahren werden) zu vermeiden.

In Würzburg-Heidingsfeld zweigt der Fahrweg nach links Richtung Ansbach ab. Im anderen Fahrweg Richtung Lauda folgt kurz nach der Verzweigung ein schon von weitem zu sehendes Vorsignal. Bei Zügen mit schwacher Bremsleistung könnte der Tf angesichts des „Halt erwarten“ zeigendes Vorsignal bereits eine Bremsung einleiten, wenn er nicht weiß, dass sein Fahrweg kurz vor dem Vorsignal nach links führt und er das Vorsignal gar nicht passieren wird. Dazu ist jedoch anzumerken, dass die dadurch entstehenden Fahrzeitverluste wahrscheinlich keine großen Auswirkungen auf den Betrieb im Netz hätten. Allerdings wäre das unnötige Abbremsen gerade bei einem schweren Güterzug unwirtschaftlich.

Wie oben bereits erwähnt wurde, könnte bei Augsburg ohne Streckenkenntnis ein leichtes Unsicherheitsgefühl bei dem Abschnitt mit den zwei parallel verlaufenden Strecken entstehen. Dieses lässt sich durch einen Abgleich der Signale im Fahrplan und der Strecke jedoch beheben. Außerdem kann es den einen oder anderen Tf unter Stress setzen, während der laufenden Fahrt in den Dokumenten nachzuschauen und gleichzeitig die Strecke zu beobachten.

Während der Fahrt kam es zwischen München und Ingolstadt des Öfteren dazu, dass die Vorsignale den Begriff „Halt erwarten“ anzeigten. Wenn ein Tf eine Strecke sehr oft gefahren ist, kennt er den Betrieb auf der Strecke und kann abschätzen, ob ein Halt zeigendes Signal aufgrund z.B. einer Regionalbahn auf der Strecke vor ihm Halt zeigt oder ob es etwas Unvorhergesehenes sein könnte. Kennt er die Geschwindigkeit und Halte bzw. den Fahrplan der Regionalzüge, kann er seine Fahrweise ideal anpassen und Bremsvorgänge minimieren. Im zweiten Fall könnte der Tf zeitnah den Fdl kontaktieren und die Gründe erfragen (evtl. könnte das Signal durch Unaufmerksamkeit des Fdl Halt anzeigen und die Verzögerung bei der Fahrstraßenstellung ließe sich durch die schnelle Reaktion des Tf reduzieren und würde den Betrieb nicht länger stören). Hier könnte als technische Unterstützung eine App helfen, die dem Tf die Standorte und Geschwindigkeiten der anderen Züge anzeigt.

### **2.4.1.3 Bahnhofskennntnis**

Bahnhofskennntnis ist von der Streckenkenntnis zu trennen. Dies gilt gemäß der Erläuterungen der VDV-Schrift 755 aber nicht für die zur Durchführung einer Zugfahrt erforderlichen Schienenwege in Bahnhöfen oder sonstigen Anlagen (denn diese gehören zum Geltungsbereich der Streckenkenntnis-Richtlinie). Aufgrund der Vollständigkeit der Beobachtung soll daher kurz auf die für Rangierfahrten relevanten Aspekte eingegangen werden.

Bahnhofskennntnis ist genau dann wichtig, wenn der Tf rangieren muss. Als Vorbereitung auf die Rangierbahnhöfe (München Nord, München-Milbertshofen, Ingolstadt), druckte sich der Tf im Vorfeld die Bahnhofspläne / Gleispläne aus.

Zusätzlich suchte sich der Tf im Vorfeld die Telefonnummern der Fdl für die Rangierbahnhöfe heraus und notierte sich diese auf den ausgedruckten Plänen, um somit einen schnelleren Ablauf zu gewährleisten. Würde er dies erst tun, wenn er z.B. vor dem Einfahrsignal des Rangierbahnhofs stünde, würde unnötig Zeit verbraucht werden.

### 2.4.2 Reisezug

Bei der Reisezugmitfahrt wurden die Mitfahren in insgesamt vier Führerräumen von Fernzügen durchgeführt. Es wurde dabei von Braunschweig nach Dortmund gefahren, wobei die Mitfahrten in den Führerräumen zwei IC (von Braunschweig nach Hannover und zurück) und zwei ICE (von Hannover bis Dortmund und zurück) stattfanden. Somit wurden vier unterschiedliche Tf begleitet. Da die Autorin der vorliegenden Arbeit bei der Mitfahrt in den Führerräumen sich nicht auf die Strecken begleitend durch die Tf vorbereiten konnte, werden im Folgenden nur streckenkenntnisrelevante Beobachtungen während der Fahrt beschrieben. Zusätzlich wird auch hier auf Aspekte innerhalb eines Bahnhofs kurz eingegangen.

Es sei bereits jetzt darauf hingewiesen, dass es zu einer großflächigen Umleitung der Züge von Hannover nach Minden über Paderborn an diesem Tag kam. Somit konnte beobachtet werden, was genau es für einen Tf bedeutet, Umleitungen unvorbereitet zu befahren.

#### 2.4.2.1 Während der Fahrt

An der Strecke von Braunschweig nach Hannover befindet sich eine ehemalige Zuckerfabrik. Der Tf berichtete an dieser Stelle, dass hier früher die Kenntnis der genauen Signalstandorte von Bedeutung war: Denn es kam wegen Rauchbildung des Öfteren dazu, dass das Hauptsignal schwer einsehbar war und es dadurch oft Signalverfehlungen gab. Dieser Aspekt macht deutlich, dass bestimmte Signalstandorte bei besonderen Umwelteinflüssen bekannt sein sollten.

Weiterhin gab es auf der Strecke viele BÜ, die bei eventuellen Zwangsbremssungen entsprechend zu sichern sind. Zwar werden dem Tf die benötigten Informationen an der Strecke signalisiert, im Falle einer Zwangsbremssung könnte er diese aber aufgrund der Stresssituation übersehen. Daher benötigt ein Tf Kenntnisse über die Sicherung von BÜ, um z.B. bei solch einem Ereignis nicht unnötig viel Fahrzeit zu verlieren. Denn wenn er die Verfahrensweise kennt, kann er schneller und zielsicherer handeln.

Außerdem gab es ein Vorsignal auf der Strecke, das erst sehr spät auf den Begriff „Fahrt erwarten“ umgestellt wird. Dies war ebenso auf der Rückfahrt von Dortmund nach Hannover der Fall: Auch hier stellte sich der Begriff des Vorsignals erst auf „Fahrt erwarten“ um, wenn die 2. Vorsignalbake passiert wird. Wenn ein Tf dies nicht wüsste, würde er womöglich eine unnötige Bremsung einleiten. Dies würde unnötig viel Fahrzeit und Energie verbrauchen und spielt aus Sicht des Energieverbrauchs vor allem bei Güterzügen eine größere Rolle.

An einem anderen Signal konnte dem Tf sowohl ein Richtungsanzeiger mit verschiedenen Buchstaben als auch ein Geschwindigkeitsanzeiger angezeigt werden. Wenn dieser aufleuchtete, wusste der Tf dank seiner Streckenkenntnis, auf welche Strecke der Fahrweg ihn führte und welche Begebenheiten dort herrschten. Der Tf bei der Fahrt der Gegenrichtung fand die Information wichtig, dass ein bestimmtes Vorsignal mit dem Signalbegriff „Langsamfahrt erwarten“ darauf hinweist, dass der Fahrweg dann auf die G-Bahn<sup>88</sup> führen würde. Diese Informationen sind relevant, damit der Tf erkennt, dass er umgeleitet wird und dass er einen anderen Fahrplan zu nehmen hat, auf dem gegebenenfalls geringere Höchstgeschwindigkeiten gelten.

---

<sup>88</sup> G-Bahn = Güterbahn

Wie bereits weiter oben erwähnt, wurden alle Züge mit dem Laufweg von Hannover über Minden großflächig auf die Strecke über Paderborn umgeleitet. Der Tf verfügte zwar auch für die Umleitung über Streckenkenntnis, hatte die Strecke aber schon länger nicht mehr befahren. Bei der Ausfahrt aus Hannover betonte der Tf bereits, dass hier das Kennen der Infrastruktur von Vorteil sei, um zu erkennen, dass tatsächlich der richtige Fahrweg eingestellt sei und dieser wegen der Umleitung nicht auf die Stammstrecke führte. Damit könnte ein eventuelles Fehlleiten noch bemerkt werden.

Während der Fahrt wurde auf besondere Signalstandorte hingewiesen. Denn es sollte nach Meinung des Tf im Rahmen des Streckenkenntniserwerbs u.a. auf schlecht einsehbare Signale hinter Kurven oder auf für Pkw geltende rot leuchtende Signale an BÜ (wegen der Verwechslungsgefahr bei Dunkelheit) hingewiesen werden.

Weiterhin benannte der Tf, dass für ihn beim Streckenkenntniserwerb Informationen über Fahrzeitreserven und Abschaltpunkte (wegen der Wirtschaftlichkeit) wichtig wären. Auch Informationen über die Bahnsteiglängen sollten im Rahmen einer Streckenkenntnisfahrt gewonnen werden. So war es z.B. wegen der Umleitung beim außerplanmäßigen Halt in Soest der Fall, dass bei dem Halt darauf geachtet werden musste, wo genau der ICE zum Stehen kam, da durch einen fest installierten Zaun ein Bahnsteigteil nicht für Passagiere zugänglich war. Wenn nun einige Wagen dahinter zum Stehen kommen würden, könnten die Passagiere dort nicht aussteigen.

Der Tf des ICE von Dortmund nach Hannover wies auf eine mögliche Umleitungsstrecke hin, die über eine Güterbahnstrecke führte. Auch die Wege von und zu einem Bahnbetriebswerk (Bw) wurden vom Führerstand aus gezeigt, da es auch hier ggf. zum Umleiten bei besetzten Stammgleis komme könnte. Außerdem erklärte er umfangreich die Bedeutung verschiedener Gleise, die nicht zur Strecke gehörten, wie z.B. Gleise privater Bahnen. Dies diente der Orientierung.

Während der Fahrt wurde der Zug auch für einen gewissen Abschnitt auf die benannte G-Bahn geführt, danach wieder auf die Fernbahn. Es sei hierbei wichtig, Kenntnis darüber zu besitzen, welche der parallel laufenden Gleise zur Fern- und welche zur G-Bahn gehörten. Durch das bestimmte Signalbild an einem Hauptsignal wurde dem Tf deutlich, dass der eingestellte Fahrweg über Weichen führte. Aufgrund seiner Streckenkenntnis erkannte er zusätzlich, dass der Fahrweg über die G-Bahn fahren würde (auf der eine geringere Höchstgeschwindigkeit galt). Weiterhin wurde dem Tf der Wechsel auf die Fernbahn mit einem Richtungsanzeiger angekündigt. Hier war insbesondere Streckenkenntnis darüber wichtig, an welcher der möglichen wieder auf die Fernbahn führenden Stellen ein Richtungsanzeiger angebracht ist und wann nicht. Denn da dies nicht an jeder möglichen Stelle der Fall war, hätte ein Wechsel auf eine andere Strecke ohne Streckenkenntnis und ohne Nachschauen im Fahrplan unangekündigt erfolgen können.

### **2.4.2.2 Bahnhofskennntnis**

Ein Tf berichtete, dass für ihn in Bahnhöfen die Information über den Standort des Zp 9 besonders wichtig wäre. Er benannte den Bf Hamm als Beispiel, da hier das Signal links vom Gleis stünde. Weiterhin sei das Wissen um die Anordnung der H-Tafel relevant, um ein zielgerichtetes Bremsen zu ermöglichen. Denn wenn Sichtkontakt zur H-Tafel besteht, wurde die Bremsung längst eingeleitet und ein entsprechendes Reagieren auf den exakten Standort ist nicht mehr möglich, ohne dabei z.B. ein wenig Fahrzeit durch das eventuell notwendige langsame Herantasten an die H-Tafel zu verlieren.

### 2.4.3 Zusammenfassung der beobachteten streckenkenntnisrelevanten Aspekte

Zusammengefasst konnten folgende streckenkenntnisrelevanten und bahnhofsrelevanten Aspekte beobachtet und ermittelt werden:

- Abzweigungen
- La
- Signalstandorte (schlechte Witterungsbedingungen / Umwelteinflüsse, schlecht einsehbare Signale z.B. hinter Kurven, Abweichungen der Standorte vom Fahrplan, spät schaltende Vorseignale, Zusatzsignale und deren Bedeutungen)
- Parallel verlaufende Gleise bzw. Strecken mit Umleiten unter erleichterten Bedingungen
- Fahrplanlage der anderen Züge
- Telefonnummern der FdI
- Sicherung BÜ
- Umleitungsstrecken
- Fahrzeitreserven und Abschaltpunkte
- Bahnhofspläne / Gleispläne
- Bahnsteiglängen
- Standort Zp 9
- Anordnung H-Tafel

## 2.5 Forschungsbedarf

Nun werden alle Betrachtungen zusammengeführt, um den Forschungsbedarf zur Thematik „Streckenkenntnis“ detailliert aufzuzeigen. Daraus ergeben sich die Zielsetzungen der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Erhebungen. Bis auf den Vergleich der Streckenkenntnisregeln in Deutschland mit den Regeln anderer europäischer Länder bezogen sich die übrigen Betrachtungen sowohl in diesem Kapitel als auch in der ganzen vorliegenden Arbeit auf Deutschland. Daher wird der Forschungsbedarf spezifisch für Deutschland hergeleitet.

### 2.5.1 Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs

In der Ril 2007/59/EG wird aufgeführt, dass beim Streckenkenntniserwerb die Methode der Mitfahrt im Führerraum bei einem anderen streckenkundigen Tf vorgezogen werden sollte. Alternativ zur Methode der Mitfahrt sei aber auch das Anschauen eines Videos mit der abgebildeten Strecke aus Sicht des Führerraums möglich. Die VDV-Schrift 755 und TfV nennen neben diesen beiden Möglichkeiten auch die „Simulatorfahrt“ und das „Begehen der Infrastruktur“ als gleichwertige Möglichkeiten zum Anschauen der Infrastruktur.

Die traditionelle Methode der Mitfahrt hat sich bewährt, ist jedoch mit höherem Personal- und Zeitaufwand verbunden, was sich negativ auf die Kosten sowie die Flexibilität auswirkt. Dies wird durch

die Erkenntnisse einer von Peisker (2015) durchgeführten Befragung der Marktteilnehmer bestätigt. Denn selbst unter Beibehaltung der aktuellen Regelungen in Deutschland sahen die Befragten Nachteile im administrativen Bereich, im Bereich der Kosten (z.B. wegen des nicht für die eigentliche Arbeit zu Verfügung stehenden Personals während der Schulungen) und im Betrieb.

Durch den Einsatz eines computerbasierten Verfahrens wäre Streckenkenntniserwerb weniger komplex und zeitintensiv möglich. Dies wurde anhand der Beschreibung von GPSInfradat gezeigt. Weiterhin wurde belegt, dass es bei der Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs durch die Mitfahrt im Führerraum eines streckenkundigen Kollegen oder die selbständige Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person (Lotse) zu einer gegenseitigen Ablenkung kommen könnte. Dies könnte u.U. auch die Sicherheit beeinträchtigen.

Es wurde gezeigt, dass – im Gegensatz zu Deutschland – z.B. in England der Begriff „eingeschränkte Streckenkenntnis“ nicht bekannt ist. Derzeit werden die Regeln hinsichtlich der eingeschränkten Streckenkenntnis oder des Fahrens ohne Streckenkenntnis in den Vorgaben der EU (noch) nicht berücksichtigt. Dies könnte sich aufgrund der im Bericht der ERA aufgeführten Empfehlungen zukünftig ändern, sodass auch das Fahren ohne und mit eingeschränkter Streckenkenntnis unter Einhaltung bestimmter Vorgaben seitens der EU erlaubt wäre. Jeder Mitgliedsstaat hat die Vorgaben der EU zum Umgang mit Streckenkenntnis in nationale Regeln umzusetzen. In Deutschland müsste der Umgang mit Streckenkenntnis neu überdacht werden, wenn diese empfohlene Regeländerung nicht umgesetzt werden sollte und das Fahren mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis nicht erlaubt wäre. Daher muss untersucht werden, inwiefern der Streckenkenntniserwerb – unter Beibehaltung des gleichen Sicherheitslevels – zeitlich minimiert werden kann.

Zurzeit ist das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis in Deutschland nur mit geringeren zulässigen Geschwindigkeiten erlaubt (Hauptbahnen: 100 km/h; Nebenbahnen: 40 km/h), um die Sicherheit ausreichend zu gewährleisten. Es wurde dargestellt, dass aufgrund z.B. infrastruktureller Weiterentwicklungen die Bedeutung an Streckenkenntnis innerhalb Deutschlands abgenommen hat. Zusätzlich konnte aufgezeigt werden, dass in Schweden die Regelungen zum Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis noch lockerer sind, da dort bereits nach einmaligem Befahren der Strecke mit eingeschränkter Streckenkenntnis bei der nächsten Fahrt keine Geschwindigkeitsrestriktionen mehr bestehen. Dies wurde mit der vorhandenen punktuellen Informationsübertragung, Führerraumsignalisierung und einer Geschwindigkeitssignalisierung inklusive der Bremskurvenberechnung begründet. Weiterhin befürworteten die Teilnehmer der von Peisker (2015) durchgeführten Befragung grundsätzlich die Reduzierung der formalen Anforderungen, zu der auch der Wegfall der Geschwindigkeitsvorgaben bzw. die Erhöhung der erlaubten Geschwindigkeiten beim Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis gehörte. Zudem wurde im Rahmen der bereits durchgeführten Bewertung von Peisker (2015) die Reduzierung positiv bewertet.

### **2.5.1.1 Vergleich**

Ausgehend von den oben aufgeführten Überlegungen sind die derzeit angewendeten traditionellen Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb „Mitfahrt im Führerraum eines streckenkundigen Tf“ und „selbständiges Fahren in Begleitung einer streckenkundigen Person“ mit zeitsparenderen und kostengünstigeren Alternativen zum Streckenkenntniserwerb durch den Einsatz moderner Medien

miteinander zu vergleichen. Als flexiblere und weniger zeitintensive Möglichkeiten eignen sich für die Betrachtung vor allem Filmaufnahmen oder computerbasierte Streckenkenntnisschulungen.

Vor dem Hintergrund der noch nicht umgesetzten Änderungsvorschläge der ERA wird dringender Forschungsbedarf dahingehend gesehen, die Auswirkungen des Fahrens mit eingeschränkter Streckenkenntnis zu untersuchen. Daher ist die Möglichkeit des Fahrens mit eingeschränkter Streckenkenntnis in den Vergleich mit einzubeziehen.

Nicht berücksichtigt wird die Untersuchung, welche Auswirkungen das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis ohne Geschwindigkeitsrestriktionen in Deutschland hätte. Diese Thematik stellt einen eigenen Aspekt dar, der gesondert und nicht im Rahmen der vorliegenden Arbeit zu untersuchen ist.

### **2.5.1.2 Bewertung**

Aus Sicht der Ril 2007/59/EG und der TfV kann „Sicherheit“, „Pünktlichkeit“ und „Wirtschaftlichkeit“ nur mit Vorhandensein von Streckenkenntnis gewährleistet sein. Diese Faktoren werden herangezogen, um die einzelnen Methoden miteinander zu vergleichen und zu beurteilen. In der TfV wird zusätzlich auch der Faktor „eigenständiges verantwortliches Befahren“ der Strecke durch den Tf benannt. Diese „Handlungssicherheit“ könne mit Streckenkenntnis erreicht werden. Auch bei der Befragung benannten die teilnehmenden Personen, dass durch Streckenkenntnis u.a. eine sichere Handlungsweise möglich sei. Daher wird auch der Faktor „Handlungssicherheit“ bei der Bewertung neben den drei anderen Faktoren „Sicherheit“, „Pünktlichkeit“ und „Wirtschaftlichkeit“ berücksichtigt. „Handlungssicherheit“ wirkt sich sicherlich ebenfalls auch auf die Faktoren „Sicherheit“, „Pünktlichkeit“ und „Wirtschaftlichkeit“ aus (siehe z.B. bei den Ausführungen zur Thematik „eingeschränkte Streckenkenntnis“ im Kapitel 2.4.1.1). Zusätzlich ist ein Tf aber auch handlungssicher, wenn er sich sicher und wohl im Umgang mit der Strecke fühlt. Daher wird der Faktor „Persönliches Wohlbefinden“ zur Bewertung des Gefühls der Handlungssicherheit der Tf herangezogen. Dies geschieht unter dem Bewusstsein, dass die Handlungssicherheit auch bei den anderen drei Faktoren indirekt berücksichtigt wird.

### **2.5.2 Art und Umfang des Streckenkenntniserwerbs**

Gemäß der Ril 2007/59/EG sollten die Mitfahrten sowohl am Tag als auch nachts erfolgen. Nach VDV-Schrift 755 legt das Eisenbahnunternehmen die Art und den Umfang des Streckenkenntniserwerbs fest. Eine feste Zahl von Fahrten zum Erwerb der Streckenkenntnis wird dabei nicht mehr vorgegeben und es gibt auch keine Angaben darüber, wann die Fahrten erfolgen sollten (früher waren im Regelwerk mindestens drei Fahrten je Richtung und tagsüber und mindestens in der Dämmerung vorgeschrieben). Auch hier gehen die nationalen Anforderungen an Streckenkenntnis im Ausland teilweise deutlich über die deutschen Anforderungen hinaus. So sind z.B. in Österreich jeweils drei Schulungsfahrten pro Richtung, in der Schweiz sogar vier Fahrten pro Richtung vorgeschrieben. Zu diesen Aspekten könnten die Tf als Endanwender dieser Regeln befragt werden. Allerdings kann vermutet werden, dass die Anzahl der Fahrten und auch die Tatsache, ob tagsüber oder nachts der Streckenkenntniserwerb erfolgen sollte, sehr individuell wahrgenommen werden. Da sich im Rahmen der Arbeit auf die Thematik „Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs“ fokussiert wird, erfolgt keine



Befragung zu diesen Aspekten. Der Aspekt „Zahl von Fahrten zum Erwerb der Streckenkenntnis“ wird im Experiment jedoch am Rande berücksichtigt.

### 2.5.3 Erhalt der Streckenkenntnis

Gemäß der VDV-Schrift 755 erlischt Streckenkenntnis einer bereits selbständig befahrenden Strecke bei nicht einfachen Betriebsverhältnissen innerhalb von 12 Monaten, wenn diese nicht selbständig befahren worden ist (dem selbstständigen Befahren ist das Mitfahren im Führerraum gleichgestellt). Bei einfachen Betriebsverhältnissen verlängert sich der Zeitraum auf 24 Monate. Es ist zu hinterfragen, ob diese Zeiten ausreichend sind bzw. verlängert werden sollten. Auch der Vergleich bezüglich des Erhalts der Streckenkenntnis im Ausland zeigte, dass teilweise lockere Regeln gelten, so z.B. in der Schweiz.

Auch vor dem Hintergrund, dass die Verlängerung des Zeitraums zum Erhalt der Streckenkenntnis ebenfalls zu den befürworteten Reduzierungsmöglichkeiten sowohl bei der Befragung als auch der von Peisker (2015) durchgeführten Bewertung zählte, sollte eine Untersuchung hinsichtlich der Länge des Zeitraums zum Erhalt der Streckenkenntnis erfolgen.

### 2.5.4 Streckenkenntnisrelevante Aspekte

In der Anlage 1 der VDV-Schrift 755 sind für das Eisenbahnunternehmen zu berücksichtigende Aspekte aufgeführt, die streckenkenntnisrelevant sind. Zu den Aspekten zählen z.B. Standorte der Signale, Ende des anschließenden Weichenbereichs oder topografische Verhältnisse. In der Liste sind u.a. die im Anhang VI der Ril 2007/59/EG und in der Anlage 7 der TfV aufgeführten Aspekte berücksichtigt worden. Es wird in der VDV-Schrift 755 aber auch darauf hingewiesen, dass die aufgeführte Liste nicht abgeschlossen ist. Daher ist zu untersuchen, ob die Liste alle streckenkenntnisrelevanten Aspekte ausreichend abdeckt oder ob weitere Aspekte zu ergänzen oder zu entfernen sind.

Das Projekt GPSInfradat erlaubt die Darstellung einiger ausgewählter Aspekte im computerbearbeiteten Video. Bei den auszuwählenden streckenkenntnisrelevanten Aspekten handelt es sich um Bahnsteige und Betriebsstellen, Signale, Weichen (-bereich), Geschwindigkeitswechsel und Brücken oder Tunnel. Auch hierbei wird noch Entwicklungsbedarf dahingehend gesehen, welche Aspekte genau als „Zusatzinformationen“ aufzunehmen sind und in welcher Form dies geschehen sollte. Zwar konnte gezeigt werden, dass Informationen zu z.B. Bahnsteigen oder Signalen dargestellt werden. Doch stellt sich die Frage, ob diese Informationen ausreichen, um eine Strecke sicher, pünktlich und wirtschaftlich sowie handlungssicher zu befahren. Dabei kann sich zum einen an dem noch nicht abgeschlossenen, eben erwähnten Katalog Anlage 1 der VDV-Schrift 755 orientiert werden. Zum anderen soll auch die Berücksichtigung der Meinung des Endanwenders – nämlich des Tf – erfolgen. Auch die streckenkenntnisrelevanten Aspekte, die bei den Mitfahrten beobachtet werden konnten und die durch die Gespräche mit den Tf in den Führerräumen benannt wurden, sollen in die Untersuchung miteinbezogen werden.

### 2.5.5 Gestaltung eines computerbearbeiteten Videos zum Streckenkenntniserwerb

Bei einem computerbearbeiteten Video handelt es sich um Filmaufnahmen der originalen Strecken, bei denen zusätzlich Streckendetails eingeblendet und Informationen zu einem Infrastrukturpunkt eingeblendet werden können. Außerdem ist es möglich, die Wiedergabegeschwindigkeit des Videos

und die Richtung zu ändern und zu bestimmten Punkten im Video zu springen. Es sollen weitere Informationen darüber gesammelt werden, wie viele Aspekte und auf welche Art und Weise diese darzustellen sind. Dazu gehört beispielsweise, ob die Informationen textuell, visuell oder auditiv übermittelt werden sollten.

Im Folgenden wird in der vorliegenden Arbeit von einem computerbasierten Training (CBT) die Rede sein, da die computerbearbeiteten Videos auch interaktiv einsetzbar wären.

### **2.5.6 Weitere zu beachtende Punkte**

Es wurde dargelegt, dass ETCS sich günstig auf die Anforderungen an Streckenkenntnis auswirken würde. Eine Reduzierung der Anforderungen sei möglich, da ETCS ab Level 2 die Aufgabe einer kontinuierlichen Führung und Überwachung der Zugfahrt übernimmt. Dadurch können Signalverfehlungen oder das Überschreiten der zulässigen Geschwindigkeiten verhindert werden. Zusätzlich würden weitere streckenkenntnisrelevante Aspekte durch ETCS berücksichtigt werden (z.B. durch die Berücksichtigung der Streckenneigungen in den Führungsparametern). Da nicht erwartet wird, dass alle Strecken in Deutschland mit ETCS ausgerüstet werden und der Implementierungsprozess sehr lange dauert, wird ETCS in den Untersuchungen nicht weiter berücksichtigt. Es wird sich daher mit dem Status quo beschäftigt.

Da die Reduzierung der Anforderungen an Streckenkenntnis gerade im Hinblick auf die kontinuierliche Führung und Überwachung der Zugfahrt argumentiert wurde, sollte in Erwägung gezogen werden, diese Überlegungen auf LZB-Strecken bzw. LZB-geführte Züge zu übertragen. Auch dort wäre dann Streckenkenntnis weitaus weniger bedeutend. In Deutschland gibt es jedoch deutlich mehr mit PZB ausgerüstete Strecken. Bei diesen erfolgt keine kontinuierliche Führung und Überwachung. Daher sollen sich die Untersuchungen auf PZB-Strecken und somit signalgeführte Züge beziehen. Falls das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis anhand der Aspekte „Sicherheit“, „Pünktlichkeit“, „Wirtschaftlichkeit“ und des „persönlichen Wohlbefindens“ positiv bewertet wird, kann dies ebenso für anzeigegeführte Züge angenommen werden.

Das Fahren mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis ist unter bestimmten Voraussetzungen möglich (wie z.B. nach Unfällen, Einsatz von Ersatzpersonal wegen plötzlicher Dienstunfähigkeit). In der Einleitung wurde bereits angedeutet, dass es heutzutage schnell dazu kommen kann, mit eingeschränkter Streckenkenntnis zu fahren. Daher soll untersucht werden, ob dies auch tatsächlich so ist. In die Betrachtung wird ebenfalls das Fahren ohne Streckenkenntnis einbezogen. Dabei erfasst werden sollen auch Kenntnisse dazu, ob die Gründe des Fahrens mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis über die in der VDV-Schrift 755 aufgeführten Begründungen hinausgehen.

Aus den Gesprächen mit den Tf während der Beobachtungsfahrten wurde deutlich, dass es vermutlich Unterschiede im Güterverkehrs- und Personenverkehrsbereich bezüglich der Relevanz von Streckenkenntnis gibt. Dies kann daher kommen, dass es eventuell im Güterverkehrsbereich vermehrt zu Ad-hoc-Verkehren kommt als im Personenverkehr. Außerdem kann in beiden Bereichen auf sehr unterschiedliche Aspekte Wert gelegt werden: Zum Beispiel sind Bahnsteiglängen für Tf aus dem Personenverkehr relevant, spielen im Güterverkehr jedoch keine Rolle. Dahingegen müssen Tf im Güterverkehrsbereich aufgrund des teilweise großen Gewichts der Züge verstärkter auf Steigungen der Strecke achten. Weiterhin kann es Unterschiede zwischen den beiden Verkehrsarten hinsichtlich

des Fahrens mit eingeschränkter Streckenkenntnis geben. Da beim Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis auf Hauptbahnen eine Geschwindigkeit von 100 km/h erlaubt ist, kann vermutet werden, dass diese Beschränkung nicht sehr relevant für den Fahrplan eines Güterzuges ist. Denn ein Güterzug kann aufgrund seiner Bremsleistung ohnehin kaum mehr als diese Geschwindigkeiten fahren bzw. erreichen. Aufgrund eben benannter Gründe soll zusätzlich untersucht werden, ob es Unterschiede zwischen Güterzügen und Reisezügen hinsichtlich der Relevanz von Streckenkenntnis gibt.

Die VDV-Schrift 755 gilt „eigentlich“ nur für Streckenkenntnis. Zu einer „Strecke“ werden dort jedoch nicht nur die Schienenwege der freien Strecke gezählt, sondern auch die Schienenwege in Bahnhöfen und sonstigen Bahnanlagen, die zur Durchführung einer Zugfahrt notwendig sind. Diesbezüglich ist es interessant zu erfahren, ob Tf Streckenkenntnis auf der freien Strecke oder im Bahnhof wichtiger ist. Denn wenn fast nur die Kenntnis des Bahnhofs relevant wäre, könnte künftig auf den Erwerb der Streckenkenntnis auf der freien Strecke verzichtet werden und stattdessen eventuell nur Knotenpunktschulen (z.B. durch Ausgabe von Merkblättern etc.) durchgeführt werden.

Insbesondere die betrieblichen und infrastrukturellen Besonderheiten spielen für die Streckenkenntnis eine bedeutende Rolle. Der Tf sollte diese kennen. Auf Nebenbahnen gibt es häufiger Besonderheiten (z.B. fehlende Vorsignalisierung oder Zugschlussmeldung durch Tf) als auf Hauptbahnen. Daher kann die Relevanz der Streckenkenntnis auf Nebenbahnen eine andere sein als auf Hauptbahnen.

### 2.5.7 Zusammenfassung des Forschungsbedarfs

Zusammenfassend ergibt sich folgender mit der vorliegenden Arbeit zu untersuchender Forschungsbedarf:

- Vergleich der Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs hinsichtlich „Sicherheit“, „Pünktlichkeit“, „Wirtschaftlichkeit“ und des „persönlichen Wohlbefindens“
- Untersuchung der Angemessenheit der Länge des Zeitraums zum Erhalt der Streckenkenntnis
- Überprüfung und Anpassung der streckenkenntnisrelevanten Aspekte der Anlage 1 der VDV-Schrift 755
- Identifikation der mit einem CBT zu vermittelnden Informationen und Gestaltungshinweise

Auch wurden ein paar Aspekte benannt, die bei den Untersuchungen zu berücksichtigen sind. Dabei handelt es sich um Folgende:

- Erforschung der Gründe für das Fahren mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis
- Relevanz der Streckenkenntnis bei den Verkehrsarten (Güterzüge oder Reisezüge)
- Relevanz der Kenntnis des Bahnhofs und der Strecke
- Relevanz der Streckenkenntnis auf Haupt- und Nebenbahnen

Im nächsten Kapitel werden die Methoden erläutert, die zur Erfüllung der Zielsetzung und Untersuchung der hier aufgeführten Aspekte eingesetzt worden sind. Das vorliegende Kapitel bildete die theoretische Grundlage für die Untersuchungen und diente der Entwicklung von Forschungsfragen.

## 3 Theoretische Grundlagen der durchgeführten Untersuchungen

Das Kapitel behandelt die Methoden und Techniken der Untersuchungen, die für die Ausarbeitungen in der vorliegenden Arbeiten genutzt worden sind (Untersuchungsdesign, Datenerhebung, Stichprobe etc.). Das Kapitel schließt mit einem umfassenden Exkurs zu den statistischen Grundlagen und den angewendeten Verfahren zur Ergebnisauswertung beider Untersuchungen, um für den Leser eine einheitliche und verständliche Grundlage zu schaffen.

### 3.1 Auswahl der geeigneten Untersuchungsmethode

Vor Beginn einer Studie wird stets überprüft, ob für die Analyse benötigte Daten vorliegen, die zur Untersuchung herangezogen werden können.<sup>89</sup> Ist dies der Fall, wird von einer sogenannten „Sekundäranalyse“ bzw. „Sekundärstudie“ gesprochen. Liegen keine Daten vor, müssen diese neu erhoben werden. Dabei handelt es sich um eine „Primäranalyse“ bzw. „Primärstudie“.

Da mittels Literaturrecherche im Bereich des Eisenbahnwesens keine weiteren Erkenntnisse zu der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit gewonnen werden konnten, wurde sich dazu entschieden, Kenntnisse mithilfe von *empirischen Untersuchungen* zu sammeln. Kennzeichnend für empirische Untersuchungen ist, dass eigene Daten erhoben und/oder analysiert werden.<sup>90</sup> Daher handelt es sich um *Primärstudien* bzw. *Primäranalysen*. Diese haben den Vorteil, dass das Untersuchungsdesign, die Art der Stichprobe und die Datenerhebungsmethoden selbst festgelegt und somit spezifisch an die zu untersuchende Fragestellung angepasst werden. Nachteilig ist dabei jedoch, dass sich oft nur relativ kleine Datensätze erzeugen lassen.

Um Primärforschungen durchzuführen, stehen unterschiedliche Erhebungsmethoden zur Verfügung. Im Bereich des Marketings sind dies z.B. die Befragung, die Beobachtung, Fokus-Gruppen und Experimente<sup>91</sup>. In der empirischen Sozialforschung wird zwischen folgenden Datenerhebungstechniken unterschieden: die *Beobachtung*, das *Interview*, die *Fragebogenmethode*, der *psychologische Test*, die *psychologische Messung* und die *Dokumentenanalyse*<sup>92</sup>.

Hinsichtlich des Erkenntnisinteresses lassen sich empirische Studien in folgende drei Gruppen einteilen: *explorative*, *explanative* und *deskriptive Studien*.<sup>93</sup> Bei der *explorativen Studie* handelt es sich um eine Studie, bei der ein Sachverhalt genau erkundet und beschrieben werden soll. Dies dient der Entwicklung wissenschaftlicher Fragestellungen, Theorien und Hypothesen. Dahingegen überprüft die *explanative Studie* zuvor aufgestellte Hypothesen und somit auch deren Theorien. Die *deskriptive Studie* wird dazu verwendet, die Population bzw. Grundgesamtheit zu beschreiben (Verbreitung von Merkmalen oder Effekten).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde zunächst eine Meinungsbefragung der Tf in Form einer Onlinebefragung durchgeführt. Auf dieser aufbauend wurde im zweiten Schritt der aufgezeigte For-

---

<sup>89</sup> Vgl. Kotler et al. (2007), S. 166.

<sup>90</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 191.

<sup>91</sup> Vgl. Kotler et al. (2007), S. 169 ff.

<sup>92</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 322.

<sup>93</sup> Vgl. ebd., S. 192.

schungsbedarf experimentell näher untersucht. Im Folgenden wird auf die theoretischen Grundlagen beider Forschungsarten eingegangen.

### 3.2 Onlinebefragung

Bei der durchgeführten Onlinebefragung handelte es sich sowohl um eine deskriptive als auch um eine explorative Datenanalyse mit dem Charakter einer quantitativen Studie. Zum einen sollte von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit der Tf geschlossen werden. Zum anderen galt es, Erkenntnisse zum weiteren Umgang mit Streckenkenntnis sowie für das anschließende Experiment zu gewinnen.

Zwar werden im Rahmen explorativer Studien hauptsächlich qualitative Datenerhebungsmethoden (wie z.B. Leitfaden-Interviews) eingesetzt, doch sind auch quantitative Erkundungsstudien möglich<sup>94</sup>.

Gemäß Welker et al. (2005) ist die *Befragung* die klassische Methode der empirischen Sozial- und Marktforschung.<sup>95</sup> Hierbei können drei Formen bezüglich der Kontaktwege zu den Auskunftspersonen unterschieden werden: *persönlich*, *telefonisch* und *schriftlich*.

In Tabelle 3 sind die Vor- und Nachteile einer schriftlichen Befragung zusammengefasst. Bei den Nachteilen einer schriftlichen Befragung handelt es sich gleichzeitig um die Vorteile einer mündlichen Befragung und umgekehrt.

**Tabelle 3: Vor- und Nachteile der schriftlichen Befragung<sup>96</sup>**

Vorteile	Nachteile
Ehrlichere und überlegtere Beantwortung durch Anonymität (vor allem bei sensiblen Themen)	Keine spontanen Reaktionen, Reihenfolge der Beantwortungen nicht kontrollierbar
Kein Interviewereinfluss	Keine Möglichkeit der Beantwortung von Rückfragen
Durchführung einer größeren Stichprobe (leichtere Erreichbarkeit)	Keine Beurteilung der Ernsthaftigkeit / der Situation des Ausfüllens (allerdings: Möglichkeit der technischen Absicherung) Kontext und Zeitumfang nicht erkennbar, in dem der Fragebogen ausgefüllt wurde
Geringer Kosten- und Zeitaufwand für beide Parteien	Geringe Rücklaufquote
Zeitpunkt der Teilnahme an Befragung frei bestimmbar	Tendenz zum unvollständigen Ausfüllen
Hohes Maß an Standardisierung (z.B. bekommen alle Teilnehmer die gleichen Fragen gestellt)	Geringe Flexibilität

<sup>94</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 621.

<sup>95</sup> Vgl. Welker et al. (2005), S. 73.

<sup>96</sup> Eigene Darstellung auf der Basis von Sedlmeier/Renkewitz (2013), S. 83 ff und Schnell et al. (2013), S. 350 f.

Aufgrund der besseren Erreichbarkeit und Durchführbarkeit einer größeren Stichprobe sowie der Anonymität fiel die Wahl in der vorliegenden Arbeit auf die schriftliche Befragung mittels eines Fragebogens. Gerade im Hinblick auf die ehrliche Beantwortung ist Anonymität sehr wichtig, was durch die Vermeidung einer Einflussnahme durch den Interviewer zusätzlich unterstützt wird. Wegen der zeitlichen Vorteile, einer leichteren Erreichbarkeit der Umfrageteilnehmer und einer zunehmenden Bedeutung von modernen Kommunikationstechnologien wurde sich für eine Onlinebefragung als Sonderform der schriftlichen Befragung entschieden.

Für Onlinefragebogen<sup>97</sup> gelten grundsätzlich die gleichen Vor- und Nachteile wie für schriftliche Fragebogen. Im Folgenden soll auf die spezifischen Pro- und Contra-Argumente einer *Onlinebefragung* eingegangen werden.

#### 3.2.1 Vor- und Nachteile

In Tabelle 3 ist als Nachteil aufgeführt, dass die Fragebogenteilnehmer nicht spontan reagieren. Dies äußert sich vor allem dadurch, dass die Fragen nicht in vorgesehener Reihenfolge beantwortet werden, sondern sich die Befragten erst einen Überblick über den gesamten Fragebogen verschaffen.<sup>98</sup> Das Wissen um nachfolgende Fragen kann jedoch die Antworten verzerren. Der Vorteil bei Onlinefragebogen liegt darin, dass sich diese Nachteile technisch beheben lassen (keine „Zurück“-Funktion). Negativ kann dabei jedoch sein, dass eine einmal gegebene Antwort nicht mehr durch den Befragten korrigiert werden kann.

Weiterhin ist Tabelle 3 zu entnehmen, dass bei schriftlichen Befragungen keine Gewissheit darüber besteht, wer den Fragebogen beantwortet und ob sich dafür ausreichend Zeit genommen wird (die „Ernsthaftigkeit“ des Ausfüllens ist nicht gesichert). Allerdings kann durch die Befragungssoftware die Zeit erfasst werden, die jeder Befragte zum Ausfüllen des Fragebogens benötigt<sup>99</sup>. Wenn die durchschnittliche Zeit zum Beantworten nicht deutlich unter der vorgesehenen liegt, kann in dieser Hinsicht von einer gewissen Ernsthaftigkeit ausgegangen werden.

Auch lässt sich die Kritik, ein Befragter könne den Fragebogen mehrfach ausfüllen, zumindest in Teilen zurückweisen. Denn eine Mehrfachteilnahme derselben Person und der damit einhergehenden Verzerrung kann durch die Aktivierung der Sperrung der Browser-Session-ID und das Setzen von „Cookies“<sup>100</sup> technisch verhindert werden.<sup>101</sup> Des Weiteren lässt sich durch die Vergabe eines Benutzernamens und eines Passwortes die Mehrfachteilnahme technisch ausschließen.

Onlinefragebogen sind deutlich ökonomischer als Papierfragebogen, da keine Fragebogen versendet und die Daten nicht mehr aufbereitet werden müssen.<sup>102</sup> Die Daten werden bei elektronischen Fra-

---

<sup>97</sup> In der vorliegenden Arbeit wird für die Pluralform „Fragebogen“ verwendet, regional ist auch die Pluralform „Fragebögen“ üblich.

<sup>98</sup> Vgl. Welker et al. (2005), S. 77.

<sup>99</sup> Vgl. Schnell et al. (2013), S. 341.

<sup>100</sup> Cookies sind Informationen, die im Computer des Nutzers gespeichert werden. Bei erneutem Aufrufen der Seite werden diese Daten an den Server übermittelt. Diese Informationen führen zu einer Verhinderung eines Befragungsneustarts bzw. bei vorherigem Abbruch der Befragung zur automatischen Weiterleitung des Probanden zur Seite mit der zuletzt beantworteten Frage.

<sup>101</sup> Vgl. Welker et al. (2005), S. 46.

<sup>102</sup> Vgl. Sedlmeier/Renkewitz (2013), S.84.

gebogen digital gespeichert und müssen nicht mehr manuell in ein Datenanalyseprogramm eingegeben werden. Auch mit der manuellen Eingabe verbundene Fehler entfallen somit<sup>103</sup>.

Zusätzlich wird das Ausfüllen von Onlinefragebogen als vergleichsweise kurzweilig empfunden.<sup>104</sup> Dies kann sich positiv auswirken, da mit einer geringeren Abbruchwahrscheinlichkeit zu rechnen ist. Weiterhin glauben Befragte eher an die Gewährleistung einer anonymen Auswertung und antworten daher deutlich offener und ehrlicher<sup>105</sup>.

Ein Nachteil von schriftlichen gegenüber mündlichen Befragungen sind Ausfälle bzw. geringere Rücklaufquoten.<sup>106</sup> Bei einer Onlinebefragung könnten Ausfälle möglicherweise noch höher sein als bei einer klassischen schriftlichen Befragungen, sodass die Antwortrate noch geringer ausfiele. Allerdings verweisen Welker et al. (2005) dazu auf Studien, die belegen, dass der Rücklauf von postalisch versendeten Fragebogen vergleichbar mit dem Rücklauf von mit E-Mail arbeitenden Onlinebefragungen sei<sup>107</sup>. Wenn sich bei einer Onlinebefragung auf wenige Fragen konzentriert und somit der Umfang reduziert wird, verringert sich auch die Wahrscheinlichkeit für ein Abbrechen der Befragung.<sup>108</sup> Zudem sollte die Länge des Fragebogens jederzeit für den Befragten abschätzbar sein. Daher sollte jede Seite des Onlinefragebogens einen Fortschrittsbalken enthalten.

Oft wird durch die willkürliche Selektion der Befragten bei Onlinebefragungen das Fehlen der Repräsentativität bemängelt.<sup>109</sup> Dieses Problem geht aber weniger mit der Befragungsmethode einher als vielmehr mit dem Mangel an umfassenden Listen der Grundgesamtheit (d.h. der zuvor getroffenen Auswahl der Befragten).<sup>110</sup> Die Wahl der Onlinebefragung als Methode ist daher nicht unbedingt mit einem Repräsentativitätsmangel gleichzusetzen.

Es besteht ein weiterer Nachteil darin, dass bei Onlinefragebogen kaum nachvollzogen werden kann, wer den Fragebogen ausgefüllt hat.<sup>111</sup> Allerdings ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass eine Teilnahme einer nicht als Tf tätigen Person durchaus aufgefallen bzw. aufgrund einer gewissen Kontrolle anhand von Fachkenntnissen erkannt worden wäre.

#### 3.2.2 Wichtige Aspekte beim Erstellen eines Fragebogens

Fragebogen haben das Ziel, Merkmalsunterschiede zwischen Personen, Situationen und Zuständen zuverlässig zu erfassen. Dies unterscheidet sie von einfachen, qualitativ orientierten Sammlungen von Fragen („Bogen mit Fragen“). Zu diesem Zweck müssen die Fragen aufeinander abgestimmt werden, um nicht erst im Nachhinein grobe Schwachpunkte beim entwickelten Fragebogen festzustellen. Um diesem Phänomen vorzubeugen sind einige Grundlagen bzw. Aspekte zu berücksichtigen.<sup>112</sup> Als Grundlage zur Entwicklung des Fragebogens für die Onlineumfrage dienten u.a. die Bücher von Kallus (2010), Mayer (2013), und Welker et al. (2005).

---

<sup>103</sup> Vgl. Welker et al. (2005), S. 82.

<sup>104</sup> Vgl. Atteslander (2010), S. 167.

<sup>105</sup> Vgl. Joinson (1999), S. 433–438.

<sup>106</sup> Vgl. Schnell et al. (2013), S. 376; **ebenso** Welker et al. (2005), S. 81.

<sup>107</sup> Vgl. Welker et al. (2005), S. 69.

<sup>108</sup> Vgl. Schnell et al. (2013), S. 375; **ebenso** Welker et al. (2005), S. 79.

<sup>109</sup> Vgl. Atteslander (2010), S. 167 f.; **ebenso** Diekmann (2014), S. 521.

<sup>110</sup> Vgl. Welker et al. (2005), S. 31 f.

<sup>111</sup> Vgl. Sedlmeier/Renkewitz (2013), S.85.

<sup>112</sup> Vgl. Kallus (2010), Vorwort und S. 11.

Die Anforderungen an Gestaltung, Abfolge und Fragenformulierung einer herkömmlichen Befragung gelten ebenfalls für Onlinebefragungen.<sup>113</sup> Auch hier müssen die Fragebogen so entworfen sein, dass eine Beantwortung ohne Interviewer problemlos erfolgen kann. Im Folgenden werden einige wichtige Aspekte, die bei einer Fragebogenerstellung zu berücksichtigen sind, erläutert.

#### 3.2.2.1 Pretest

Es ist empfehlenswert, im Vorfeld der Befragung einen sogenannten *Pretest* an einer größeren Stichprobe ( $n \geq 50$ ) durchzuführen.<sup>114</sup> Durch einen solchen Pretest werden erste Einschätzungen der Eigenschaften und die Identifikation von „Ausreißeritems“<sup>115</sup> möglich. Ausreißeritems entstehen beispielsweise durch missverständliche (mehrdeutige) Formulierungen der Iteminhalte.

Weitere zu testende Merkmale sind neben der Verständlichkeit der Fragen u.a. die benötigte Zeit zur Beantwortung eines Fragebogens, die Funktionsfähigkeit der Fragen zu Persönlichkeitsmerkmalen, die Schwierigkeit der Beantwortung und die Vorgabe ausreichender Antwortmöglichkeiten<sup>116</sup>.

Außerdem sollte der Onlinefragebogen durch einen Pretest auf technische Fehler überprüft werden.<sup>117</sup> Dies ist durch das Versenden der Fragebogen an Kollegen problemlos und ohne Zeitaufwand zu bewerkstelligen.

Über die Stichprobengröße bei einem Pretest existieren in der Literatur unterschiedliche Aussagen. So empfiehlt Diekmann (2014) bei einer Umfrage mit z.B. 2000 Personen eine Pretest-Stichprobengröße von 100 Personen<sup>118</sup>.

#### 3.2.2.2 Anschreiben

Der Zweck der Untersuchung ist im *Anschreiben* offen darzulegen, damit die Befragten nicht über das eigentliche Ziel der Befragung im Unklaren gelassen oder gar getäuscht werden.<sup>119</sup> Außerdem können systematisch mit dem jeweiligen Fragebogen Informationen erhoben werden, die (auch) für die Befragten relevant sind. Die Relevanz sollte ebenso deutlich kommuniziert werden, u.a. weil dies die Rücklaufquote erhöhen kann. Zusätzlich sind Hinweise zur Rückmeldung und Präsentation der Ergebnisse wichtig und unbedingt einzuhalten. Oft werden die Adressaten auch durch die Art und zeitliche Nähe der Rückmeldung motiviert, an der Befragung teilzunehmen.

Die angegebenen Informationen zur Bearbeitungszeit des Fragebogens sollten auch der tatsächlichen Bearbeitungszeit entsprechen und nicht fälschlicherweise zu klein ausgewiesen werden. Zur Berechnung der Bearbeitungszeit kann folgende Faustregel für Gruppen von Items mit identischem Antwortformat zugrunde gelegt werden: Die durchschnittliche Antwortzeit von Items dauert jeweils 7 bis 10 Sekunden. Zusätzlich muss jeweils die Lesezeit für die Anweisungen zur Bearbeitung addiert werden. Wenn für die Bearbeitungszeit mehr als 30 Minuten beansprucht wird, sollten Pausen ein-

---

<sup>113</sup> Vgl. Welker et al. (2005), S. 77.

<sup>114</sup> Vgl. Kallus (2010), S. 27.

<sup>115</sup> Bei „Items“ handelt es sich um Gruppen von Frage-Antwort-Einheiten (siehe Kapitel 3.2.2.4).

<sup>116</sup> Vgl. Schnell et al. (2013), S. 339 ff.

<sup>117</sup> Vgl. Welker et al. (2005), S. 97.

<sup>118</sup> Vgl. Diekmann (2014), S. 485.

<sup>119</sup> Vgl. Kallus (2010), S. 127–133.



geplant werden. Zusätzlich empfiehlt Kallus (2010)<sup>120</sup> das Hinweisen auf den Umgang mit Systemabstürzen und Unterbrechungen und die Möglichkeit der Pause der Bearbeitung.

Weiterhin gehört die Verpflichtung zum Einhalten des Datenschutzes in das Anschreiben bzw. in die Teilnahmeinformation.

#### 3.2.2.3 Dramaturgie des Fragebogens

Gemäß Diekmann (2014) und Klammer (2005) wird zwischen folgenden vier Fragetypen unterschieden: Einstellungen, Überzeugungen, Verhalten und sozialstatistische (demografische) Merkmale<sup>121</sup>. Hinsichtlich des thematischen Aufbaus eines Fragebogens sind einige Regeln zu beachten, um die Befragung so angenehm wie möglich zu machen und somit die Abbrecherquote zu verringern. Auf einige dieser Regeln soll nun eingegangen werden.

##### Eisbrecherfragen

Zu Beginn eines Fragebogens sollten Fragen aufgeführt werden, die das Interesse der Befragten wecken.<sup>122</sup> Einleitungsfragen, die auch als „Eisbrecherfragen“ bezeichnet werden, sollen Vertrauen erwecken und zeitgleich die Antwortbereitschaft erhöhen. Dabei ist es auch wichtig, dass diese leicht zu beantworten sind und die Befragten von einem eventuell fehlerhaften Eindruck einer Prüfungssituation befreien. Kritischen Themen sollten nicht behandelt werden.

##### Fragen zu Daten der Person

Bibliografische Fragen und Fragen zu Persönlichkeitsmerkmalen werden als Abschluss von Fragebogenpaketen empfohlen<sup>123</sup>. Denn sonst werden die Befragten zu lange im Unklaren über den eigentlichen Sinn der Befragung gelassen.<sup>124</sup> Außerdem können am Ende der Beantwortung eines Fragebogens Ermüdungserscheinungen auftreten. Das bedeutet, dass das Interesse an den Fragen bzw. der Befragungssituation nachlässt. An diesem Punkt sind die Befragten dann eher bereit, Fragen zur Person zu beantworten. Ein zusätzliches Argument für das Erfragen von persönlichen Daten am Ende des Fragebogens ist, dass der Widerstand gegenüber der Preisgabe von persönlichen Daten am Ende nicht mehr so hoch ist.

##### Themenbereiche

In der Regel werden Themenbereiche im Fragebogen festgelegt.<sup>125</sup> Die Fragen sind innerhalb der Themenbereiche in einer zweckmäßigen Reihenfolge aufzuführen. Teilweise werden neuen Themenbereichen sogenannte Überleitungsfragen vorangestellt. Hierbei ist es von Vorteil Einleitungen in Form von Erklärungen bzw. Aufforderungen für die neuen Themenbereiche vorzunehmen.

---

<sup>120</sup> Vgl. Kallus (2010), S. 127–133.

<sup>121</sup> Vgl. Diekmann (2014), S. 471 ff; **ebenso** Klammer (2005), S. 221 ff.

<sup>122</sup> Vgl. Mayer (2013), S. 96; **ebenso** von Kirschhofer-Bozenhardt/Kaplitza (1982), S. 94.

<sup>123</sup> Vgl. Kallus (2010), S. 132.

<sup>124</sup> Vgl. Mayer (2013), S. 96–98; **ebenso** Schnell et al. (2013), S. 336.

<sup>125</sup> Vgl. Diekmann (2014), S. 483; **ebenso** Mayer (2013), S. 96.

#### 3.2.2.4 Entwicklung der Items

Ein Fragebogen sollte nicht aus beliebigen Fragen bestehen, sondern aus Gruppen von *Frage-Antwort-Einheiten* (= *Items*), die systematisch zusammengestellt worden sind.<sup>126</sup> Diese Items sind einem Merkmalsbereich oder Konzept zuzuordnen. Dabei ist eine Vielzahl an Grundregeln zur Formulierung von Items zu beachten. Es gilt für einen Merkmalsbereich spezifische Fragen zu finden. Diese müssen in Häufigkeit und/oder Intensität für alle Befragten relevant sein.

Nicht allein die Fragen, sondern auch die Antwortkategorien sind bei der Entwicklung von Items für einen Fragebogen entscheidend<sup>127</sup>. Daher wird im Folgenden zunächst auf die Entwicklung der Fragen und danach auf die formale Struktur der Antwortskala eingegangen.

#### Entwicklung der Fragen

Ein standardisierter Fragebogen setzt sich in erster Linie aus *geschlossenen Fragen* zusammen<sup>128</sup>. Bei geschlossenen Fragen existieren vorgegebene Antwortmöglichkeiten, aus denen der Befragte auswählen kann.<sup>129</sup> Natürlich können in standardisierten Fragebogen vereinzelt auch *offene Fragen* vorkommen. Diese kommen vor allem dann zum Einsatz, wenn die geschlossenen Fragen die Antworten zu stark einschränken würden. Die Auswertung offener Fragen kann bei einer großen Antwortzahl sehr mühsam sein. Denn im Rahmen der Ergebnisauswertung offener Fragen werden die Antworten verschiedenen Kategorien zugeordnet, welche aufgrund der zumeist großen Variation an Antworten schwerer zu clustern sind als bei einer festgelegten Anzahl von Antwortmöglichkeiten.<sup>130</sup> Zudem ist die Antwortbereitschaft bei geschlossenen Fragen durch das einfache Ankreuzen höher als bei offenen Fragen, denn auch für den Befragten steigt der Zeitaufwand.

Sogenannte „*Fragebatterien*“ oder „*Matrixfragen*“ sind in Fragebogen sehr beliebt. Für ein Beispiel dieser Matrixfragen sei auf Frage 1 des im Anhang 1 aufgeführten Fragebogens verwiesen.<sup>131</sup> Allerdings können diese schnell ermüdend wirken und die Abbruchgefahr wird somit erhöht, insbesondere dann, wenn viele Items in der Batterie enthalten sind. Welker et al. (2005) empfiehlt sogar, möglichst auf Matrixfragen zu verzichten und die Aspekte in einzelnen Fragen zu formulieren. Nachteilig bei der Einzelpräsentation der Items sind dann allerdings der größere Umfang des Fragebogens und die längere Bearbeitungszeit.

*Hypothetische Situationen* reduzieren oft die Qualität des Fragebogens, da sie die Komplexität des Fragebogens erhöhen: Je unwahrscheinlicher und lebensferner die vorzustellende Situation für einen Befragten ist, desto schwieriger fällt ihm die Bewertung.<sup>132</sup> Willkürliche und nicht valide Antworten sind die Folge. Hypothetische Situationen erfordern daher ein hohes Maß an Geschicklichkeit, damit alle Antwortenden eine angemessene Vorstellung entwickeln können. Hypothetischen Fragen sollten nur verwendet werden, wenn bspw. Zukunftsvorstellungen oder Pläne erfragt werden.

---

<sup>126</sup> Vgl. Kallus (2010), S. 13 f.

<sup>127</sup> Vgl. ebd., S. 18 f.

<sup>128</sup> Vgl. Klammer (2005), S. 228 f.

<sup>129</sup> Vgl. Mayer (2013), S. 90 f.; **ebenso** Welker et al. (2005), S. 97.

<sup>130</sup> Vgl. Atteslander (2010), S. 298.

<sup>131</sup> Vgl. Welker et al. (2005), S. 93 f.

<sup>132</sup> Vgl. Faulbaum et al. (2009), S.147.

Fragen können in einem Fragebogen auch als verpflichtend deklariert werden. Das bedeutet, dass Umfrageteilnehmer erst nach Beantwortung der Frage fortfahren können. *Pflichtfragen* sollten jedoch gezielt eingesetzt werden, da erzwungene Antworten zu einem frühzeitigen Abbruch der Umfrage führen können<sup>133</sup>.

Außerdem ist das *Vermischen von Formulierungen* in der Ich-Form und mit neutralem Subjekt oder passive Satzkonstruktionen innerhalb eines Subtests<sup>134</sup> zu vermeiden<sup>135</sup>.

#### **Formale Struktur der Antwortskala**

Die folgenden Ausführungen zur formalen Struktur der *Antwortskala* wurden dem dritten Kapitel von Kallus (2010)<sup>136</sup> entnommen.

Innerhalb eines konzeptbezogenen Fragebogens sollten die Antwortskalen über alle Items hinweg identisch und eindeutig sein. Weiter sollte kein Wechsel der Antwortskalen von Subtest zu Subtest innerhalb eines Fragebogens vorgenommen werden, da dies Aufmerksamkeitsfehler oder Antwortverzerrungen zur Folge haben kann.

Die Festlegung der *Anzahl der Abstufungen* und ggf. die *verbale Verankerung der Antwortkategorien* ist eine der wichtigsten Entscheidungen. Bei einer geringen Anzahl von Abstufungen auf der Antwortskala ergeben sich auch nur wenige Kategorien zur Differenzierung von Personen und Zuständen. Dahingegen erfordert eine große Anzahl an Abstufungen eine hohe Differenzierungsfähigkeit bei den befragten Personen. Zwar führen Skalen ohne Mitte gegebenenfalls zu erhöhten Messfehlern. Bei einer ungeraden Stufenanzahl besteht dahingegen die Gefahr der „Tendenz zur Mitte“. Es wird empfohlen die Regel  $7 \pm 2$  anzuwenden, denn sieben Stufen haben sich im Rahmen einfacher und numerisch verankerter *Likert-Skalen* als praktisch erwiesen.

Bei der *Auswahl des Antwortformats* muss entschieden werden, ob alle Fragen allgemein formuliert oder ob zeitliche oder situative Bezüge festgelegt werden. Falls dies der Fall sein sollte, kann dies als Instruktion auf dem Deckblatt aufgeführt werden. Generell ist ein Wechsel des Bezugsrahmens innerhalb eines Fragebogens oder von Item zu Item zu vermeiden. Des Weiteren sollte auf den Wechsel des Antwortformats verzichtet werden. Sollte dennoch ein Wechsel erfolgen, dann ist eine systematische Vorgehensweise ratsam.

### **3.3 Experiment**

Mit dem *Experiment* in Form einer Simulatorstudie wurden verschiedene Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs miteinander verglichen. Das bedeutet, dass verschiedene Bedingungen auf Unterschiedlichkeit zu überprüfen waren, indem verschiedene Personengruppen miteinander verglichen wurden<sup>137</sup>. Dazu wurden Hypothesen aufgestellt und überprüft. Bei dem Experiment handelte es sich somit um eine explanative Studie<sup>138</sup>.

---

<sup>133</sup> Vgl. Schnell et al. (2013), S. 375.

<sup>134</sup> Unter einem Subtest wird die Zusammenfassung von Items verstanden. Dabei werden die Werte für zusammengehörige Items zu einem Messwert verrechnet. (Vgl. Kallus (2010), S. 29.)

<sup>135</sup> Vgl. Kallus (2010), S. 78.

<sup>136</sup> Vgl. Kallus (2010), S.38–62.

<sup>137</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 664.

<sup>138</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 613.

Im Rahmen des Experiments wurden die Versuchsteilnehmer interviewt. Bei der Erstellung eines standardisierten Interviews sind die gleichen Regeln wie bei einer schriftlichen Befragung zu beachten. Da diese bereits ausführlich im Kapitel 3.2.2 dargestellt worden sind, wird im Folgenden nur auf den Versuch eingegangen.

Als theoretische Grundlage zur Durchführung und Auswertung des Experiments im Bereich der Verkehrspsychologie dienten u.a. Bortz/Döring (2016), Huber (2009) und Vollrath (2015). Im Folgenden soll auf die aus Sicht der Autorin der vorliegenden Arbeit wichtigsten Aspekte eines Experiments eingegangen werden. Zur weiteren Vertiefung wird auf die eben genannten Quellen verwiesen. Insbesondere Huber (2009) behandelt wichtige Schritte und Verhaltensweisen während eines Experiments.

#### 3.3.1 Ziel eines Experiments

Experimente werden dazu eingesetzt, aus Theorien abgeleitete Kausalhypothesen zu testen.<sup>139</sup> Allerdings werden sie auch in der angewandten Forschung genutzt, bei der es nicht oder zumindest nur teilweise um das Testen von Theorien geht. Das bedeutet, dass mit Experimenten auch die Effektivität bzw. Wirksamkeit u.a. von Behandlungsmaßnahmen, Trainingsprogrammen, Unterrichtsmethoden oder allgemein von Interventionsmaßnahmen geprüft werden können.

Gem. Huber (2009) werden drei Typen von Experimenten hinsichtlich der Einteilung nach Ziel unterschieden:<sup>140</sup>

- Prüfxperimente
- Erkundungsexperimente
- Vorexperimente

Bei *Prüfxperimenten* werden eine oder mehrere Hypothesen überprüft. Wenn ohne nähere Kennzeichnung von einem Experiment gesprochen wird, ist i.d.R. ein Prüfxperiment gemeint.

Wenn Daten gesammelt werden sollen, die zur Bildung einer neuen Hypothese dienen, wird dies als *Erkundungsexperiment* bezeichnet. Es werden dabei eine oder mehrere Bedingungen verändert und die daraus resultierenden Reaktionen erkundet, ohne vorher Hypothesen aufgestellt zu haben. Im Allgemeinen wird dann von einer „Pilotstudie“ gesprochen.

*Vorexperimente* werden dazu genutzt um (in kleinem Rahmen) Prüf- oder Erkundungsexperimente durchzuführen. Damit sollen u.a. die Durchführung des Experiments und die Operationalisierungstechniken erprobt und ggf. verbessert werden.

#### 3.3.2 Typen von Variablen

Bei der Untersuchung von Bedingungen auf Unterschiede wird überprüft, inwieweit bestimmte Einflussfaktoren Messwerte systematisch verändern.<sup>141</sup> Dazu wird zwischen sogenannten *unabhängigen Variablen* (UV, Ursachen) und *abhängigen Variablen* (AV, Messwerte) differenziert. Das bedeutet,

---

<sup>139</sup> Vgl. Sedlmeier/Renkewitz (2013), S. 121 f.

<sup>140</sup> Vgl. Huber (2009), S. 76.

<sup>141</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 669; **ebenso** Huber (2009), S. 72.

dass untersucht wird, ob und wie die UV systematisch Veränderungen in den AV (den Messwerten) hervorrufen. Eine UV wird dabei vom Experimentator<sup>142</sup> aktiv verändert.

*Störvariablen* beeinflussen ebenfalls AV und müssen daher neutralisiert werden.<sup>143</sup> Denn sonst würden sie den Effekt der UV beeinflussen bzw. stören. Es wird unterschieden zwischen personenbezogenen und umwelt- bzw. untersuchungsbedingten Störvariablen. Der Umgang mit den Störvariablen ist bezeichnend für die Aussagekraft eines Experimentes und somit für seine wissenschaftliche Qualität (Validität): Personenbezogene Störvariablen können bei entsprechend großen Gruppen durch zufälliges Zuordnen der Versuchsteilnehmer zu den Gruppen (=Randomisierung) ausgeschlossen werden. Das bedeutet, dass die verschiedenen Gruppen in Bezug auf die Ausprägungen aller möglichen psychologischen und sozialen Merkmale weitgehend äquivalent sind. Untersuchungsbedingte Störvariablen werden bei einem Versuch entweder ausgeschaltet, konstant gehalten oder im Rahmen der Datenerhebung miteingefasst. Zwar wäre es nach Auffassung von Huber (2009) möglich, auch die personenbezogenen Störvariablen konstant zu halten. Jedoch könnte es dabei beim Rückschluss von den untersuchten Teilnehmern auf die Grundgesamtheit Probleme geben, weil die Ergebnisse somit auch auf Personen übertragen werden würden, die diesen Merkmalen nicht entsprechen. Für die Verallgemeinerung der Ergebnisse wird daher empfohlen, möglichst unterschiedliche Stufen der Störvariablen in die Untersuchung mit einzubeziehen. Weiterhin ist zu beachten, dass bei Anwendung der Randomisierung die Gruppen hinsichtlich der Stufen der Störvariablen deutlich ungleich sein können. Insbesondere bei kleineren Gruppengrößen besteht die Gefahr dieses Effekts.

#### 3.3.3 Versuchsplan

Die folgenden Ausführungen zum Versuchsplan können Vollrath (2015)<sup>144</sup> entnommen werden.

Wie bei einer Prüfung von Ursache-Wirkungsbeziehungen methodisch vorgegangen wird, wird durch die Versuchsplanung beschrieben. Damit das Vorgehen und der Versuchsplan für den Leser eines Berichts leicht verständlich sind, wird letzterer oft schematisch dargestellt. Daraus können die Fragestellungen unmittelbar abgeleitet werden. Bei der Darstellung eines Versuchsplans spielen verschiedene Kriterien eine Rolle. Diese werden im Folgenden kurz genannt und – bis auf das Skalenniveau, auf das im Kapitel 3.6.1.1 näher eingegangen wird – im Anschluss erläutert:

- Anzahl der UV
- Anzahl der Stufen der UV
- Anzahl der AV
- Skalenniveau der AV
- Messwiederholung

---

<sup>142</sup> Zwar werden im Kapitel 4 zur Onlinebefragung die Begriffe „AV“ und „UV“ ebenfalls verwendet, jedoch erfolgte dort keine statistische Betrachtung des Einflusses der Merkmale auf die AV (Begründung siehe Kapitel 4.3.1). Daher ist das vorliegende Kapitel mit der Thematik „Typen von Variablen“ den Erläuterungen zum Experiment untergeordnet.

<sup>143</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 196; **ebenso** Huber (2009), S. 72–75.

<sup>144</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 669–673.

Versuchspläne sind nach Anzahl der untersuchten UV – die auch als „Faktor“ bezeichnet werden – zu differenzieren. Bei genau einer zu untersuchenden UV handelt es sich um einen „*einfaktoriellen*“ Versuchsplan. Wenn zwei oder mehr Variablen untersucht werden sollen, wird der Versuchsplan als „*zweifaktorieller*“, „*dreifaktorieller*“ usw. Versuchsplan bezeichnet.

Davon zu unterscheiden ist die *Anzahl der Stufen* der Faktoren (z.B. hat der Faktor „Farbe“ die Stufen „rot“, „grün“ usw.). Häufig wird ein Einflussfaktor in zwei Stufen untersucht, aber auch ein Vergleich von mehreren Stufen ist durchaus üblich. Bei jedem Versuchsplan wird neben der Anzahl der Faktoren auch die Anzahl der Stufen angegeben. Bei drei Stufen der UV kann untersucht werden, ob die UV überhaupt Unterschiede in den Gruppen bewirkt. Zusätzlich wird überprüft, welche der Stufen bzw. Gruppen sich voneinander unterscheiden.

Versuchspläne werden auch hinsichtlich der AV differenziert: Wenn nur eine einzelne AV untersucht wird, wird dies als „*univariater*“ Plan bezeichnet. Bei zwei untersuchten AV erfolgt die Bezeichnung als „*bivariater*“ Plan. Oft werden jedoch mehrere AV erfasst. Dabei handelt es sich dann um einen „*multivariaten*“ Plan.

Bei „*unabhängigen Plänen*“ wird jeder Versuchsteilnehmer genau einer Abstufung der UV zugewiesen. Dahingegen liefern Versuchsteilnehmer bei „*abhängigen Plänen*“ oder „*Plänen mit Messwiederholung*“ Werte in allen Bedingungen. Dies kann dann von Vorteil sein, wenn nur wenige Versuchsteilnehmer an einer Studie teilnehmen, da somit mehr Messdaten erfasst werden können. Weiterhin können Effekte leichter aufgedeckt werden als bei unabhängigen Plänen, da bei letzteren größere Unterschiede zwischen den Versuchsteilnehmern bestehen. Allerdings steht den Vorteilen einer Messwiederholung der Nachteil gegenüber, dass diese empfindlich gegenüber Lerneffekten sein sowie ermüdend wirken können.

## 3.4 Validität

Hohe Validität ist sowohl in der Grundlagen- als auch in der Anwendungsforschung wichtig.<sup>145</sup> Daher sollte in der quantitativen Forschung diese möglichst sichergestellt sein. Der sorgfältigen Planung und Umsetzung der Studie sollte in allen Phasen des Forschungsprozesses eine hohe Priorität zugeteilt werden, um die Validität zu maximieren. Eventuelle Einschränkungen der Güte der Forschung sind offenzulegen und bei der Interpretation der Ergebnisse miteinzubeziehen.

Dem gesamten Abschnitt zur Validität liegen die Ausführungen Vollrath (2015)<sup>146</sup> und Bortz/Döring (2016)<sup>147</sup> zugrunde. Vollrath (2015) beschränkt sich dabei auf die Differenzierung zwischen interner und externer Validität, wobei Bortz/Döring (2016) zwischen folgenden vier Typen der Validität unterscheiden:

- Konstruktvalidität
- Interne Validität
- Externe Validität
- Statistische Validität

---

<sup>145</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 97 f.

<sup>146</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 682 f.

<sup>147</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 93 ff.

Bei der *Konstruktvalidität* spielen die verwendeten Messinstrumente (AV) und die Untersuchungsbedingungen (UV) eine Rolle. Diese müssen inhaltlich jeweils genau die interessierenden theoretischen Konstrukte darstellen. Die Konstruktvalidität wird hauptsächlich von der Qualität der Theoriearbeit (Konzeptspezifikation) sowie der Operationalisierung bestimmt.

Die *interne Validität* beurteilt inwieweit zweifelsfrei die gefundenen Wirkungen auf den vermuteten Kausaleinfluss der UV zurückgeführt werden kann. Abhängig ist die interne Validität vor allem von der Qualität des Untersuchungsdesigns und dessen Umsetzung. Vollrath (2015), S. 683 führt auf, dass für eine hohe interne Validität das Beherrschen der Störvariablen Voraussetzung ist. Daher sollte der Versuchsablauf möglichst stark standardisiert sein.

Durch die *externe Validität* kann beurteilt werden, inwiefern die Ergebnisse der Studie auf andere Orte, Zeiten, Wirkvariablen, Treatmentbedingungen<sup>148</sup> oder Personen verallgemeinert werden können. Die externe Validität wird durch die Qualität des Untersuchungsdesigns und die Stichprobenziehung bestimmt. Vollrath (2015), S. 683 führt noch zwei weitere, die externe Validität beeinflussende Aspekte auf: Die Realitätsnähe und die Einstellung der Teilnehmer, damit diese ein „normales“ Verhalten aufweisen. Hierbei sind insbesondere die Instruktionen und die Aufklärung über die Ziele der Untersuchung von Bedeutung.

Bei der *statistischen Validität* ist es von Bedeutung, ob die deskriptiven und inferenzstatistischen Analysen<sup>149</sup> korrekt ausgeführt wurden. Dies ist wichtig, damit die Aussagen bezüglich Signifikanz und Effektgrößen verlässlich sind. Die Qualität der statistischen Datenanalyse, aber auch Aspekte hinsichtlich der Planung der Untersuchung (z.B. Messgenauigkeit) spielen hierbei eine Rolle.

Vertiefend sei auf das Kapitel 3.2.2 in Bortz/Döring (2016) verwiesen.

## 3.5 Stichprobe und Repräsentativität

Aus naheliegenden Gründen (wie z.B. ein ungerechtfertigt hoher Aufwand) ist eine Untersuchung der gesamten Grundpopulation (=Vollerhebung) fast nie möglich.<sup>150</sup> Das Ziel sollte es daher sein, nur bei einem kleinen Teil der Grundpopulation die Informationen zu gewinnen und von diesen Daten auf die sogenannte „Grundgesamtheit“ zu schließen (= Teilerhebung).

Die Aussagekraft einer Untersuchung im Hinblick auf die Grundgesamtheit ist stark abhängig von der Stichprobenziehung<sup>151</sup>. Es wird zwischen folgenden Auswahlverfahren der Stichprobe unterschieden, auf die im Anschluss näher eingegangen wird:

- Zufallsauswahl
- Willkürliche Auswahl
- Bewusste Auswahl

---

<sup>148</sup> Treatment (=Behandlung) bedeutet, dass die UV manipuliert wird. Das heißt in einem Experiment werden die Versuchsbedingungen geändert, denen die Experimental- und Versuchsgruppen ausgesetzt sind. [Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 199]

<sup>149</sup> Zu „deskriptive“ und „inferenzstatistische“ Analysen sei auf Kapitel 3.6 der vorliegenden Arbeit verwiesen.

<sup>150</sup> Vgl. Schnell et al. (2013), S. 257–259.

<sup>151</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 664 f.

Bei der besten Methode der Stichprobenziehung handelt es sich um die *Zufallsauswahl*, bei der jede Person der Grundgesamtheit die gleiche Chance hat, für die Untersuchung ausgewählt zu werden.<sup>152</sup> Je größer eine Stichprobe ist, desto genauer können die Verhältnisse der Grundgesamtheit eingeschätzt werden.

Stichproben, bei denen es sich nicht um Zufallsstichproben handelt, sind nicht repräsentativ.<sup>153</sup> Das heißt, dass (ohne Zusatzannahmen) keine Schlüsse auf die Grundgesamtheit gezogen werden können. Grundsätzlich sollen jedoch Aussagen über die Grundgesamtheit gemacht werden, dabei ist dann die *willkürliche Auswahl* oder die *bewusste Auswahl* ungeeignet. Wenn jedoch die Untersuchung dazu dient, gegebene Hypothesen zu widerlegen, können auch willkürliche Stichproben eingesetzt werden.

Bei der bewussten Auswahl der Stichprobe kann das sogenannte *Schneeballverfahren* angewendet werden.<sup>154</sup> Dabei werden z.B. bei einer schriftlichen Befragung bestimmte Personen gebeten, den Fragebogen an andere Personen aus ihrem Umfeld weiterzugeben. Die Schneeballauswahl wird meist in der Wissenschaft verwendet, wenn soziale Netzwerke analysiert oder Personen aus seltenen, schwer zu erreichenden Populationen zu befragen sind. Durch die Empfehlung eines „Bekannten“ können diejenigen Menschen zur Beantwortung von Fragen motiviert werden, die normalerweise nicht teilnehmen würden<sup>155</sup>.

Bei der Interpretation der Ergebnisse der Schneeballstichprobe ist dann entsprechend zu bedenken, dass nur indirekt auf die Inferenzpopulation zurückgeschlossen werden kann, da die Aussagekraft von Stichproben durch das Schneeballverfahren eng begrenzt ist<sup>156</sup>.

#### 3.5.1 Befragung

Mit einer standardisierten Befragung wird die *statistische Repräsentativität* angestrebt.<sup>157</sup> Hierfür muss die Stichprobe die Grundgesamtheit verkleinert abbilden. Nur so können die Ergebnisse für die Grundgesamtheit zulässig verallgemeinert werden. Dazu muss zum einen die Grundgesamtheit bekannt und zum anderen die Stichprobe zufällig sein<sup>158</sup>. Im Gegensatz zu populationsbeschreibenden Studien greifen quantitative Erkundungsstudien meist auf leicht zugängliche, sogenannte *nicht-probabilistische (=nicht-zufallsgesteuerte) Stichproben* zurück<sup>159</sup>.

#### 3.5.2 Experiment

Die Zufallsauswahl einer ausreichend großen Stichprobe ist aus praktischen Gründen bei Experimenten in bestimmten Bereichen, z.B. der Fahrzeugergonomie, nur selten möglich.<sup>160</sup> Stattdessen sind dort in der Forschungspraxis oft nicht-probabilistische Stichproben mit eingeschränkter Repräsentativität üblich, bei denen die Auswahl der Untersuchungsobjekte oder -personen willkürlich und/oder

---

<sup>152</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 664 f.

<sup>153</sup> Vgl. Schumann (2006), S. 97.

<sup>154</sup> Vgl. ebd., S. 97 f.

<sup>155</sup> Vgl. Diekmann (2014), S. 400.

<sup>156</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 308 f.

<sup>157</sup> Vgl. Kromrey (2009), S. 261 f.; ebenso Welker et al. (2005), S. 37.

<sup>158</sup> Vgl. Schnell et al. (2013), S. 296–298.

<sup>159</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 621.

<sup>160</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 665.



bewusst erfolgt.<sup>161</sup> Wegen des hohen Aufwands bei Experimenten ist die Teilnehmerzahl oft beschränkt. Daher ist es insbesondere bei kleinen Stichproben wichtig, möglichst viele eventuell das relevante Merkmal beeinflussende Eigenschaften bei der Stichprobenauswahl zu berücksichtigen. Es sollte versucht werden, die möglichen Ausprägungen der Merkmale und ihre Kombinationen mit mindestens 3–10 Personen abzubilden. Aufgrund praktischer Gesichtspunkte ist meist nur der Einbezug von zwei oder drei Merkmalen realistisch, da sonst zu viele Personen notwendig wären. Damit eine Stichprobe repräsentativ ist, müssen alle Merkmale, von denen die untersuchten Variablen abhängig sein könnten, in der Stichprobe vergleichsweise wie in der Grundgesamtheit verteilt sein.

## 3.6 Exkurs: Grundlagen der Statistik und angewendeten statistischen Verfahren

Die Statistik reduziert die Vielfalt der Merkmalsausprägungen auf das Wesentliche und hilft dabei, Merkmalsstrukturen übersichtlich zu beschreiben.<sup>162</sup> Bei sehr großen Datenmengen oder bestimmten Fragestellungen kann die Anschauung durch die *deskriptive Statistik* allein zu falschen Schlussfolgerungen führen. Dies trifft insbesondere auf die Entscheidung zu, ob die Beobachtungen einer grundsätzlichen und allgemeingültigen Beziehung oder aber durch Zufall entstanden sind. Die *schlussfolgernde Statistik* oder auch *Inferenzstatistik* erlaubt unter der Annahme eines bestimmten Grades des Zufalls und dadurch einer gewissen Fehlerbehaftung die Beurteilung dahingehend, ob Merkmalsstrukturen, die sich in einer Stichprobe ergeben haben, auch für Objekte gültig sind, die außerhalb der Stichprobe liegen. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass die Inferenzstatistik die Beurteilung gestattet, ob der Schluss von einem Teil (*Stichprobe*) auf das Ganze (*Population*) möglich ist.

Der Exkurs soll die wichtigsten Grundlagen der statistischen Datenanalyse sowie eine Auswahl statistischer Verfahren erläutern, die in der vorliegenden Arbeit angewendet wurden. Zur Vertiefung der Thematik kann zwischen einer Vielzahl an Statistiklehrbüchern ausgewählt werden. Hierzu empfiehlt sich insbesondere Bortz/Schuster (2010), Rasch et al. (2014a), Rasch et al. (2014b), Reiß/Sarris (2012) und Vollrath (2015).

### 3.6.1 Deskriptive Statistik

Die deskriptive Statistik dient dazu, die Menge an Rohdaten übersichtlich und verständlich zu machen, indem die Daten organisiert, dargestellt und zusammengefasst werden.<sup>163</sup> Das „Wesentliche“ soll somit schnell erkennbar gemacht werden.

#### 3.6.1.1 Skalenniveaus

Es gibt vier verschiedene Arten von *Skalentypen* (*Nominal-, Ordinal-, Intervall- und Verhältnisskala*).<sup>164</sup> Diese Skalenniveaus sind bei allen empirischen Betrachtungen bedeutend, denn erst durch sie wird der sinnvolle Umgang mit statistischen Verfahren möglich. In der Sozialforschung werden die vier Skalenniveaus gelegentlich zu drei Varianten zusammengefasst. Dabei wird weiterhin zwischen

---

<sup>161</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 305 f.

<sup>162</sup> Vgl. Reiß/Sarris (2012), S. 139.

<sup>163</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 1; ebenso Mayer (2013), S. 128.

<sup>164</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 6.

Nominal- und Ordinalniveau unterschieden.<sup>165</sup> Die Intervall- und Verhältnisskalen werden zur *Kardinalskala* (= *metrische Skala*) zusammengefasst. Messdaten mit *hohem Skalenniveau* (wie z.B. metrisches Niveau) sind informationshaltiger und die Möglichkeiten der statistischen Datenanalyse vielfältiger als bei Messdaten mit *niedrigem Skalenniveau* (wie z.B. Nominalniveau).

Im Folgenden werden die vier Skalen kurz erläutert. Den Erläuterungen liegen Bortz/Döring (2016), Huber (2009), und Kallus (2010) zugrunde.<sup>166</sup>

#### **Nominalskala**

Bei der *Nominalskala* handelt es sich um das niedrigste Messniveau, bei dem lediglich Gleichheit oder Unterschiedlichkeit bestimmt werden können. Das Nominalskalenniveau kennzeichnet die Zugehörigkeit zu einer Klasse. Als Beispiele können hier u.a. das Geschlecht oder auch eine Berufsgruppe genannt werden. Jede Ausprägung der nominalskalierten Variable wird ein Skalenwert zugeordnet, sodass alle gleich ausgeprägten Messobjekte der Variablen den gleichen Skalenwert erhalten (z.B. „weiblich“ = 1 und „männlich“ = 2).

#### **Ordinalskala**

Bei der *Ordinalskala* ist neben der Unterscheidung von Gleichheit und Ungleichheit zusätzlich die Differenzierung zwischen „kleiner“ und „größer“ möglich. Kennzeichnend für ordinalskalierte Variablen ist die Rangordnung: Es kann auf Ordinalskalenniveau gemessen werden, wenn sich das Eigenschaftswort steigern lässt (z.B. besser, schneller, höher).

#### **Intervallskala**

Zusätzlich zu den Aussagemöglichkeiten der Ordinalskala lassen sich bei *intervallskalierten Variablen* Aussagen über das Verhältnis von Intervallen zwischen den Skalenwerten machen. Beispiele für Intervallskalen sind Temperaturskalen oder auch subjektive Wertskalen bei entsprechender Skalierungsprozedur (z.B. Zustimmung von „gar nicht zustimmend“ bis „sehr zustimmend“). Die Messung erfolgt mit einer beliebigen Einheit und willkürlichem Nullpunkt.

#### **Verhältnisskala**

Über die Aussagemöglichkeiten der Intervallskala hinaus können bei der *Verhältnisskala* Aussagen über das Verhältnis von Skalenwerten gemacht werden. Dies ist z.B. für gebräuchliche Maße der Physik (Länge, Gewicht) oder der Psychologie (Reaktionszeit, evtl. subjektive Wahrscheinlichkeit) der Fall. Die Einheit wird willkürlich bestimmt, der Nullpunkt ist hier jedoch theoretisch festgelegt.

#### **3.6.1.2 Grafische Darstellung**

Es bietet sich zunächst an die erhobenen Daten deskriptiv in Form von *Häufigkeitsverteilungen* oder *Histogrammen* abzubilden.<sup>167</sup> Dabei werden sinnvolle Kategorien des Merkmals gebildet und die Anzahl der Werte für jede Kategorie dargestellt. Um die Darstellung etwas zu komprimieren, können die Daten auch als *Boxplot*<sup>168</sup> dargestellt werden. Diese Form ist sehr gut geeignet, um mehrere Be-

---

<sup>165</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 232 f.

<sup>166</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 237 ff; **ebenso** Huber (2009), S. 98 f; **ebenso** Kallus (2010), S. 69.

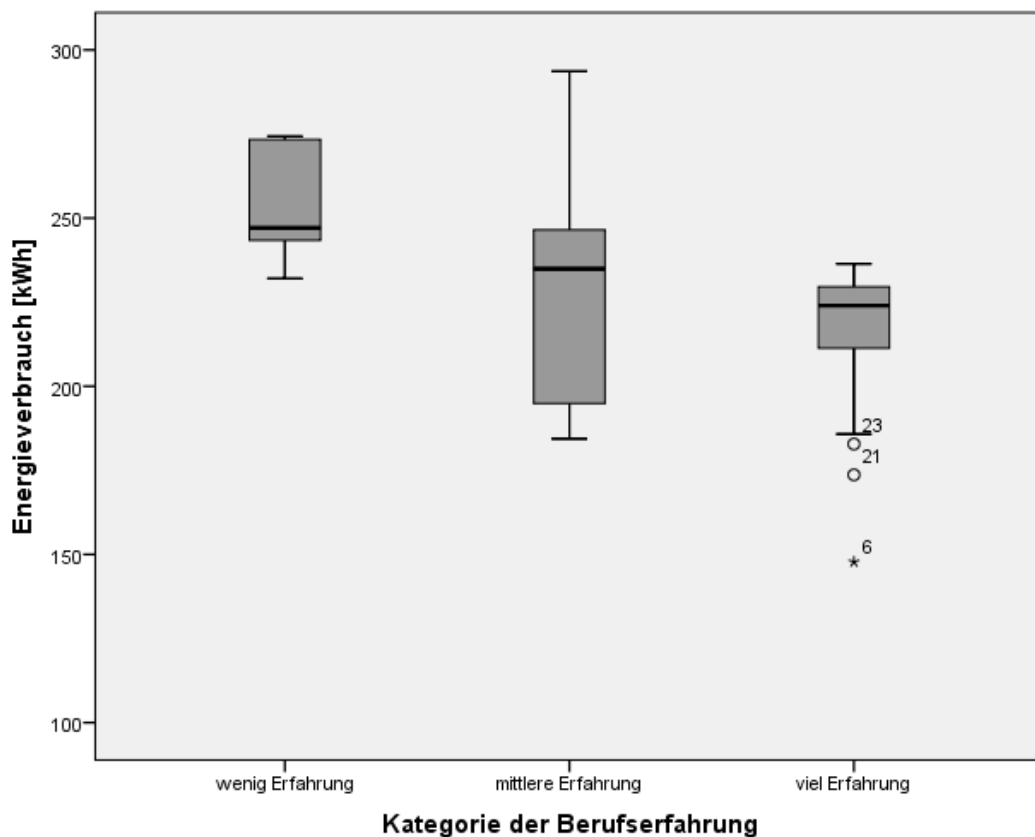
<sup>167</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 666.

<sup>168</sup> Der Box-Whisker-Plot wird weiter unten im vorliegenden Kapitel erläutert.

dingungen nebeneinander angeordnet zu vergleichen. Für die Darstellung von nominalskalierten Variablen, wie z.B. das Geschlecht, sind *Kreis- oder Balkendiagramme* geeignet<sup>169</sup>. Es sei angemerkt, dass die grafische Darstellung von Daten wesentlich anschaulicher als eine alleinstehende Tabelle ist.<sup>170</sup> Gleichzeitig empfiehlt sich aber auch ein kritischer Umgang mit Grafiken, da u.a. die Gefahr von Verzerrungen bei z.B. unterschiedlichen Größen der Kategorien besteht.

Im nächsten Schritt wird versucht, die relevanten Eigenschaften der Verteilungen mittels Kennwerten zu beschreiben<sup>171</sup>. Diese mathematischen Kennwerte bilden die Grundlage für weitere statistische Konzepte.<sup>172</sup> Es wird allgemein unterschieden zwischen *Maßen der zentralen Tendenz* und *Dispersionsmaßen*. Erstere repräsentieren alle Messwerte einer Verteilung zusammenfassend, wohingegen Letztere Auskunft über die Variation der Messwerte geben (d.h. über die unterschiedliche Verteilung eines Merkmals) und somit unverzichtbar für die Datenauswertung sind.

Auch diese Maße werden üblicherweise grafisch dargestellt.<sup>173</sup> Dabei werden die folgenden beiden Diagramme besonders häufig verwendet: Das *Fehlerdiagramm* und der *Box-Whisker-Plot* (auch „Boxplot“). Aber auch das *Liniendiagramm* findet seine Anwendung. Es wird aufgrund seiner Komplexität an dieser Stelle auf den Boxplot eingegangen (siehe Bild 3).



**Bild 3: Beispiel für die grafische Darstellung von Ergebnissen im Box-Whisker-Plot**

<sup>169</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 45.

<sup>170</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 5.

<sup>171</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 666.

<sup>172</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 1, 10 und 13.

<sup>173</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 44 f.; ebenso Kuß (2012), S. 201 f.; ebenso Reiß/Sarris (2012), S. 146 f.

Der Boxplot erlaubt zusätzlich die Darstellung von ordinalskalierten Variablen. Denn als statistische Kenngrößen fließen nur die Quartilinformationen ein, wobei die horizontalen Begrenzungen des Kästchens (=Box) jeweils den Quartilen (25 %, 50 % = Median, 75 %) entsprechen. Somit ist unmittelbar erkennbar, welchen Wert der Interquartilabstand annimmt, d.h. innerhalb welchen Bereichs die mittleren 50 % der Daten liegen. Der Interquartilabstand ist ein Maß für die Homogenität bzw. die Streuung der Messwerte. Die T-Linien (=Whisker), die von der Box nach oben und nach unten abgehen, begrenzen den Bereich der Daten auf das 1,5-fache des Interquartilabstand. Werte außerhalb dieses Bereichs werden als *Ausreißer* angesehen. Dabei werden Daten, die tatsächlich einen größeren Abstand als das 3-fache zum Interquartilabstand besitzen, mit einem Stern gekennzeichnet. Alle übrigen Ausreißer werden mittels eines kleinen Kreises dargestellt. Wenn der Boxplot einen symmetrischen Eindruck macht – beide Whisker haben ungefähr die gleiche Länge und der Median befindet sich in der Mitte der Box –, so ist die Verteilung der Messwerte ungefähr symmetrisch.

### 3.6.1.3 Maße der zentralen Tendenz

Zu den drei gebräuchlichsten Kennwerten der zentralen Tendenz zählen der *Modalwert*, der *Medianwert* und das *arithmetische Mittel*.<sup>174</sup> Es ist überwiegend vom Skalenniveau abhängig, welcher Kennwert genutzt werden kann. Mit der folgenden Tabelle 4 ist eine Übersicht darüber gegeben, welche Maße welchem Skalenniveau zugeordnet werden. Zusätzlich ist eine kurze Erläuterung der jeweiligen Kennwerte in der Tabelle zu finden. Vertiefend dazu wird auf Bortz/Schuster (2010), S.25–29 verwiesen.

**Tabelle 4: Maße der zentralen Tendenz**<sup>175</sup>

Maße der zentralen Tendenz	Skalenniveau (mindestens)	Bedeutung
Modalwert (=Modus)	Nominalniveau	Am häufigsten vorkommender Wert einer Verteilung
Median	Ordinalniveau	Teilt eine Verteilung in zwei Hälften (= Zentralwert <sup>176</sup> )
Arithmetisches Mittel (=Mittelwert)	Intervallniveau	Gibt den Durchschnittswert einer Verteilung an

Die Kennwerte aus der Grundgesamtheit und der Stichprobe werden unterschiedlich symbolisiert: Üblicherweise werden griechische Buchstaben für die Kennwerte der Grundgesamtheit und lateinische Buchstaben für die Kennwerte der Stichprobe verwendet.<sup>177</sup>

<sup>174</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 10–13; **ebenso** Reiß/Sarris (2012), S. 142; **ebenso** Vollrath (2015), S. 667.

<sup>175</sup> Eigene Darstellung auf der Basis von Kuß (2012), S. 203–205; **ebenso** Rasch et al. (2014a), S. 10–13; **ebenso** Reiß/Sarris (2012), S. 142; **ebenso** Vollrath (2015), S. 667.

<sup>176</sup> Vgl. Mayer (2013), S. 120.

<sup>177</sup> Vgl. Kuß (2012), S. 215.

### 3.6.1.4 Dispersionsmaße

Trotz desselben Mittelwertes können Verteilungen eine unterschiedliche Form aufweisen, da die Messwerte unterschiedlich stark voneinander abweichen.<sup>178</sup> Dies bedeutet, dass die Messwerte unterschiedlich stark streuen und somit unterschiedlich stark vom Mittelwert abweichen.

Im Rahmen der Inferenzstatistik werden die aufgestellten Hypothesen überprüft.<sup>179</sup> Hypothesen über einen bestimmten realen Datentrend lassen sich mit einiger Sicherheit nur unter der Bedingung einer geringen Streuung der Messwerte feststellen.

Aussagen über die Dispersion können mathematisch durch die Maße der *Variationsbreite*, der *Varianz* und der *Standardabweichung* erfasst werden.<sup>180</sup> Bei der Variationsbreite handelt es sich um das einfachste Dispersionsmaß. Die Stichprobenvarianz  $s^2$  und die Standardabweichung  $s$  stellen die wichtigsten Streumaße dar.

Anhand der Standardabweichung wird der sogenannte *Standardfehler* des Mittelwertes berechnet (i.d.R. aus Stichprobenstreuung und -umfang abgeschätzt).<sup>181</sup> Dieser ist bei der Interpretation von experimentell erhobenen Messwerten von besonderem Interesse. Auf den Standardfehler wird genauer im Kapitel 3.6.2.5 eingegangen.

In der folgenden Tabelle 5 sind die Dispersionsmaße ihrer Bedeutung gegenübergestellt. Weiterhin ist dort angegeben, wie diese berechnet werden.

**Tabelle 5: Dispersionsmaße<sup>182</sup>**

Maße der Dispersion	Berechnung	Bedeutung
Variationsbreite	Differenz des größten und kleinsten Wertes	Gibt die Größe des Messbereichs an
Varianz	Summe der quadrierten Abweichungen aller Messwerte vom arithmetischen Mittel, dividiert durch die Anzahl aller Messwerte minus 1	Ist umso größer, je stärker die Messwerte vom Mittelwert abweichen
Standardabweichung	Quadratwurzel aus der Varianz	Abstand des Mittelwertes zum Wendepunkt einer Normalverteilung Ist umso größer, je stärker die Messwerte streuen

<sup>178</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 29; **ebenso** Rasch et al. (2014a), S. 13–15; **ebenso** Reiß/Sarris (2012), S. 144.

<sup>179</sup> Vgl. Reiß/Sarris (2012), S. 145.

<sup>180</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 32; **ebenso** Rasch et al. (2014a), S. 13–15; **ebenso** Reiß/Sarris (2012), S. 144.

<sup>181</sup> Vgl. Reiß/Sarris (2012), S. 145 f.

<sup>182</sup> Eigene Darstellung auf der Basis von Rasch et al. (2014a), S. 13–15; **ebenso** Reiß/Sarris (2012), S. 144.

#### 3.6.1.5 Verteilungsform

Die Daten werden zusätzlich durch Angaben zur Verteilungsform beschrieben.<sup>183</sup> Dazu werden Angaben zur *Symmetrie (Schiefe)*, zur *Wölbung (Exzess oder Kurtosis)* und zur *Anzahl der Gipfel* einer Verteilung verwendet. Bei der Schiefe wird differenziert zwischen der linksschiefen und der rechtsschiefen Verteilung. Wenn die Daten auf der rechten Seite einer Datenverteilung häufiger als auf einer linken angeordnet sind, handelt es sich um eine linkschiefe Verteilung. Bei der rechtsschiefen Verteilung verhält es sich genau andersherum. Exzess oder Kurtosis geben an, ob die Verteilung im Gegensatz zur Normalverteilung spitz oder abgeflacht ist.

#### 3.6.1.6 Maße bivariater Verteilungen

Die bisher dargestellten Kennwerte sind nur für die Analyse einer *univariaten Verteilung*, d.h. einer einzigen AV, gültig.<sup>184</sup> Wenn zwei Variablen auf ihren Zusammenhang hin untersucht werden sollen (Korrelation), wird von einer Betrachtung *bivariater Zusammenhänge* gesprochen. Dieses Prinzip ist auch auf mehr als zwei Variablen zu übertragen, was als *multivariate Betrachtung* der Datensätze bezeichnet wird.

Da sowohl beim Fragenbogen als auch beim Experiment ausschließlich die Betrachtung einzelner AV erfolgte, wird an dieser Stelle nicht auf die bivariate und multivariate Verteilung näher eingegangen, sondern auf die zu Beginn des Kapitels angegebene statistische Literatur verwiesen.

### 3.6.2 Inferenzstatistik

Weil die Schließung von der Stichprobe auf die Population nur bei einer repräsentativen Stichprobe zulässig ist, wird die sogenannte *Inferenzstatistik*, d.h. die sich schließende Statistik, angewendet.<sup>185</sup>

In der Praxis sind insbesondere die Rückschlüsse von der Stichprobe auf die Beschaffenheit der Population wichtig.<sup>186</sup> Die empirisch ermittelten Kennwerte „arithmetisches Mittel“ und „Varianz“ stellen in diesem Falle sogenannte *Populationsschätzer* dar. Die inferenzstatistischen Analysen werden anhand der Populationsschätzer durchgeführt.

Bei der statistischen Entscheidung wird danach gefragt, ob die statistischen Kennwerte derselben Population angehören, d.h. auf einen gemeinsamen Parameter zurückgeführt werden können und somit nur zufällig voneinander unterschiedlich sind.<sup>187</sup> Hierfür ist die Einführung der Begriffe *Nullhypothese* und *Alternativhypothese* von Bedeutung.

#### 3.6.2.1 Null- und Alternativhypothese

Die statistischen Verfahren der Inferenzstatistik dienen der Überprüfung aufgestellter inhaltlich präzisierender Hypothesen.<sup>188</sup> Die einzelne inhaltliche Hypothese ist in einer mathematischen Schreibweise darzustellen, um sie dann in eine statistische Hypothese zu überführen. Die Signifikanztests

---

<sup>183</sup> Vgl. Reiß/Sarris (2012), S. 146.

<sup>184</sup> Vgl. Reiß/Sarris (2012), S. 147.

<sup>185</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 21.

<sup>186</sup> Vgl. ebd., S. 16.

<sup>187</sup> Vgl. Reiß/Sarris (2012), S. 154.

<sup>188</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 34.

prüfen, ob diese statistische Hypothese zutrifft. Das bedeutet, dass die *Forschungs- bzw. Alternativhypothese*  $H_1$  (= inhaltliche Hypothese) der sogenannten *Nullhypothese*  $H_0$  (= statistische Hypothese) gegenübergestellt wird.<sup>189</sup> Bei der Prüfung der Nullhypothese wird davon ausgegangen, dass die beiden Stichprobenkennwerte der zentralen Tendenz Schätzungen desselben Populationsparameters sind. Dies bedeutet, dass die Differenz der Stichprobenkennwerte im statistischen Sinne *insignifikant* bzw. nicht bedeutsam ist und den Wert 0 annimmt.

Da es sich bei der Alternativhypothese  $H_1$  um das Pendant zur Nullhypothese  $H_0$  handelt, nimmt sie also an, dass sich die untersuchten Gruppen systematisch unterscheiden und der beobachtete Unterschied auch für die Grundgesamtheit (=Population) gültig ist.<sup>190</sup>

Es erfolgt stets die Überprüfung der Nullhypothese und nicht der Alternativhypothese, da die Parameter der Wahrscheinlichkeitsverteilung im Gegensatz zu denen der Nullhypothese nicht bekannt sind.<sup>191</sup> In der Forschungspraxis führt das Verwerfen der Nullhypothese zur Annahme der Gültigkeit der Alternativ- und somit der Forschungshypothese. Es wird dann von einem signifikanten (bedeutsamen, statistisch gesicherten) Unterschied ausgegangen und es kann davon ausgegangen werden, dass die Einflussgröße gewirkt hat bzw. ein Effekt vorlag.<sup>192</sup> Bei einem nicht signifikanten Ergebnis kann die  $H_1$  nicht angenommen werden, allerdings auch nicht automatisch die  $H_0$ . Es sollte sichergestellt werden, dass kein Effekt übersehen wurde<sup>193</sup>. Es muss dazu stets auch die Teststärke bestimmt werden, welche im Kapitel 3.6.2.3 erläutert wird.

Es ist zu differenzieren zwischen gerichteten und ungerichteten Hypothesen.<sup>194</sup> Ungerichtete bzw. unspezifische Hypothesen nehmen lediglich an, dass es einen Unterschied zwischen den Gruppen gibt (das heißt die Differenz des jeweiligen Wertes ist ungleich 0). Dies wird auch als zweiseitige Fragestellung bezeichnet. Bei gerichteten Hypothesen bzw. einseitigen Fragestellungen kann bereits die erwartete Richtung spezifiziert werden. Die spezifische Alternativhypothese umfasst dann alle Differenzen der vorhergesagten Richtung. Wenn die vorhergesagte Differenz positiv ist, nimmt die Nullhypothese an, dass der Unterschied gleich oder kleiner als 0 ist. Forschungshypothesen werden normalerweise als gerichtete Hypothesen formuliert.<sup>195</sup> Dies war auch bei der durchgeführten Simulatorstudie der Fall. Bei der Durchführung eines einseitigen Signifikanztests wird immer zuerst überprüft, ob das deskriptiv statistische Ergebnis mit der vorhergesagten Richtung übereinstimmt. Wenn dieses in die falsche Richtung weist, erübrigen sich weitere Berechnungen und die  $H_1$  kann nicht angenommen werden.

#### 3.6.2.2 $\alpha$ - und $\beta$ -Fehler

Durch welches Kriterium kann nun entschieden werden, dass die Nullhypothese verworfen und somit die Gültigkeit der Alternativhypothese angenommen werden kann? Wenn ihre *Auftretenswahrscheinlichkeit*  $p$  kleiner ist als ein zuvor festgelegter Wert, so kann die Nullhypothese abgelehnt wer-

---

<sup>189</sup> Vgl. Reiß/Sarris (2012), S. 155.

<sup>190</sup> Vgl. Mayer (2013), S. 128 f.; **ebenso** Rasch et al. (2014a), S. 46.

<sup>191</sup> Vgl. Reiß/Sarris (2012), S.155.

<sup>192</sup> Vgl. Mayer (2013), S. 129; **ebenso** Vollrath (2015), S. 674.

<sup>193</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 675.

<sup>194</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 46.

<sup>195</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 666 f.

den.<sup>196</sup> Bei diesem Wert handelt es sich um das sogenannte *Signifikanzniveau*  $\alpha$  oder auch  $\alpha$ -Fehlerniveau, das als Grenze für die Ablehnung von  $H_0$  gesehen wird. Wenn der Wert nicht überschritten wird, wird das Ergebnis als *signifikant* bezeichnet und  $H_0$  wird als unwahrscheinlich angesehen. Das bedeutet, dass die unterschiedlichen Signifikanztests die Wahrscheinlichkeiten des gefundenen Ergebnisses unter Zufallsbedingungen angeben.<sup>197</sup> Meistens erfolgt die Angabe der Wahrscheinlichkeiten als relative Häufigkeit (z.B.  $p = 0,02$ ). Wenn  $p$  kleiner ist als  $\alpha$ , wird dahingehend entschieden, dass das Ergebnis schlecht durch Zufall zu erklären ist und somit der Einflussfaktor gewirkt hat bzw. das Ergebnis signifikant ist.

Die Entscheidungen über die Nullhypothese können jedoch fehlerbehaftet sein, was dann entweder als „ $\alpha$ -Fehler“ bzw. „Fehler 1. Art“ oder als „ $\beta$ -Fehler“ bzw. „Fehler 2. Art“ bezeichnet wird.<sup>198</sup> Der  $\alpha$ -Fehler beschreibt den Fall, dass die Nullhypothese abgelehnt wird, obwohl diese in Wirklichkeit gültig ist. Die empirische Fehlerwahrscheinlichkeit entspricht der Auftretenswahrscheinlichkeit des berechneten relevanten Merkmals (abhängig vom Test) unter der Nullhypothese. Als „ $\beta$ -Fehler“ wird der Fehler bezeichnet, dass die Nullhypothese beibehalten wird, obwohl sie falsch ist.

Es besteht ein reziproker Zusammenhang zwischen dem Fehler 1. und 2. Art: Wenn der Fehler 1. Art durch noch schärfere Signifikanzgrenzen verringert würde, würde gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit erhöht werden, dass ein Fehler 2. Art eintritt.<sup>199</sup> Daher ist ein Kompromiss zu finden, indem ein sinnvoller Wert für das statistische Signifikanzniveau  $\alpha$  gewählt wird.

Die Wahl des Signifikanzniveaus legt jeweils der Forscher selbst fest, da es von inhaltlichen Überlegungen abhängig ist. In den meisten Fällen liegt  $\alpha$  jedoch bei 0,05 bzw. 5 %.<sup>200</sup> Dieser Wert wird oft als Kompromiss für die Lösung des reziproken Zusammenhangs zwischen dem 1. und 2. Fehler angesehen.<sup>201</sup> In der Literatur wird das signifikante Ergebnis auf dem 5 %-Niveau meist mit einem Stern (\*) und auf dem 1 %-Niveau mit zwei Sternen (\*\*) gekennzeichnet.

Auch wenn eine Nullhypothese nicht abgelehnt wird, ist die Höhe der empirischen Wahrscheinlichkeit weiterhin bedeutsam, auch wenn die Wahrscheinlichkeit größer als das Signifikanzniveau von  $\alpha = 5\%$  ist.<sup>202</sup> Dies liegt daran, dass das Signifikanzniveau willkürlich festgelegt wird. Für ein umfassenderes Ergebnisurteil ist dies daher mit einzubeziehen. Selbst wenn ein Ergebnis mit z.B.  $p = 0,06$  zunächst nicht signifikant ist, ist es dennoch offensichtlich bedeutsamer als bei einer Wahrscheinlichkeit von  $p = 0,6$ . Das Ergebnis ist zwar unter Vorbehalt zu interpretieren, aber es kann ein gewisser statistischer Trend vorhergesagt werden, wenn  $p < 0,1$  gilt (Symbol: †). In diesem Fall handelt es sich um ein *marginal signifikantes Ergebnis*. In Tabelle 6 ist eine Übersicht der üblichen Wahrscheinlichkeiten, deren Bezeichnungen und Symbole zu finden.

---

<sup>196</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 42.

<sup>197</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 674.

<sup>198</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 42.

<sup>199</sup> Vgl. Mayer (2013), S. 129 f.; **ebenso** Reiß/Sarris (2012), S. 156 f.

<sup>200</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 42.

<sup>201</sup> Vgl. Reiß/Sarris (2012), S. 157.

<sup>202</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 42.



**Tabelle 6: Bezeichnung und Symbolisierung von Irrtumswahrscheinlichkeiten**

Wahrscheinlichkeit $p$	Bezeichnung	Symbol
$p \leq 0,001$ (0,1 %)	höchst signifikant	***
$p \leq 0,01$ (1 %)	hoch signifikant	**
<b><math>p \leq 0,05</math> (5 %)</b>	<b>signifikant</b>	<b>*</b>
$p < 0,1$	marginal signifikant	†
$p > 0,05$	nicht signifikant	ns

Die Entscheidung über die Signifikanz macht im Vorfeld die Festlegung eines Signifikanzniveaus notwendig.<sup>203</sup> Das Signifikanzniveau gibt die nach Ansicht des Forschers größte  $\alpha$ -Fehlerwahrscheinlichkeit an, die noch akzeptiert werden kann.

### 3.6.2.3 Teststärke und Effektgröße

Damit das Signifikanztestergebnis richtig gedeutet wird, sind neben der Signifikanzaussage zudem die *Teststärke* (auch „Trennschärfe“ oder „Power“) und *Effektgröße* zu betrachten.

Bei einem nicht signifikanten Ergebnis besteht primäres Interesse daran, ob die Teststärke ausreichend war, um den interessierenden Populationseffekt tatsächlich aufdecken zu können.<sup>204</sup> Wenn ein signifikantes Ergebnis vorliegt, war die Teststärke vermutlich ausreichend. Daher muss gerade bei einem nicht signifikanten Ergebnis die Teststärke bestimmt werden.<sup>205</sup> Nur wenn diese mindestens 80 % beträgt, kann die  $H_0$  angenommen werden ( $1 - \beta \geq 0,8$ ). Wenn sie unter 80 % bzw. die  $\beta$ -Fehlerwahrscheinlichkeit über 20 % liegt, kann das Ergebnis nicht eindeutig interpretiert werden und es ist davon auszugehen, dass nicht genügend Daten zur Verfügung stehen. Gem. Rasch et al. (2014a) muss die Teststärke mindestens eine Größe von 10 % haben ( $1 - \beta \geq 0,9$ )<sup>206</sup>. Es besteht Interesse daran, einen möglichst trennscharfen Test zu verwenden.<sup>207</sup> Die Verwendung eines parametrischen Tests oder eines verteilungsfreien Tests<sup>208</sup> hat darauf Einfluss. Allerdings ist die Stichprobengröße die wichtigste Bestimmungsgröße für die Trennschärfe: Kleinere Effekte lassen sich umso leichter statistisch absichern, desto größer die Stichprobe ist.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Signifikanztests notwendig für die Entscheidung darüber sind, was interpretiert werden darf.<sup>209</sup> Der wissenschaftliche Gehalt steckt jedoch vielmehr in der Darstellung der Messwerte mittels Grafiken oder Tabellen: Mit der entsprechenden Darstellung wird deutlich, was die Effekte bedeuten. Gemäß Rasch et al. (2014a) ist eine Aussage über die Größe des Effekts bereits durch die empirisch gefundene Mittelwertdifferenz erlaubt (sie entspricht somit einem

<sup>203</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 44.

<sup>204</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 808.

<sup>205</sup> Vgl. ebd., S. 670 und S. 810.

<sup>206</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 57.

<sup>207</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 679

<sup>208</sup> zu „parametrische“ und „verteilungsfreie“ Tests siehe Kapitel 3.6.3

<sup>209</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 681.

geschätzten, nicht standardisierten Effekt).<sup>210</sup> Stichprobenkennwerte sind die besten Schätzer für meist unbekannte Populationsmittelwerte. Das Signifikanzniveau  $\alpha$  sollte relativ groß gewählt werden, wenn nachgewiesen werden soll, dass zwei Varianten gleichwertig sind, und um sicher zu gehen, dass kein Effekt übersehen wurde.<sup>211</sup> Es darf ein eventuell vorhandener Unterschied zwischen zwei Varianten nicht übersehen werden. Deswegen wird das Signifikanzniveau für diesen Fall üblicherweise auf 25 % festgelegt. Aufgrund dieser Überlegungen wird auf die Ermittlung von Effektgrößen, wie z.B. d-Wert nach Cohen und Teststärken, in der vorliegenden Arbeit nicht näher eingegangen. Vertiefend sei auf die zahlreichen Statistiklehrbücher verwiesen (z.B. Bortz/Döring (2016), S. 810 ff).

#### 3.6.2.4 Normalverteilung

An dieser Stelle soll auf das grundlegende statistische Phänomen „Normalverteilung von Merkmalen“ eingegangen werden. Die Annahme der *Normalverteilung* ist wichtig um Inferenz- und Teststatistiken anzuwenden.<sup>212</sup> Folgende Bedingungen müssen für das Vorliegen einer Normalverteilung erfüllt sein:

- Glockenförmiger Verlauf
- Symmetrischer Verlauf
- Die drei Maße der zentralen Tendenz (Median, Modus, arithmetisches Mittel) fallen zusammen

Die Enden der Kurve nähern sich der x-Achse an, erreichen aber nie den Nullpunkt (asymptotisch).<sup>213</sup> Für Normalverteilungen gilt, dass die Fläche, die von  $\pm$  einer Standardabweichung vom Mittelwert begrenzt wird, mehr als 2/3 aller Fälle beinhaltet und 95,44 % im Bereich von  $\pm$  zwei Standardabweichungen liegen. Flächen unter einer Normalverteilung stellen Wahrscheinlichkeiten dar. Da jede Kurve aus unendlich vielen Punkten besteht, ist die Wahrscheinlichkeit für einen einzelnen Punkt unendlich klein.

Die Normalverteilung wird vollständig durch die beiden Merkmale Arithmetisches Mittel und Streuung beschrieben.<sup>214</sup> Unter den unendlich vielen Normalverteilungen gibt es eine mit dem Mittelwert  $\mu = 0$  und der Streuung  $\sigma = 1$ . Diese wird als *Standardnormalverteilung* bezeichnet, welche eine wichtige Spezialform der Normalverteilung darstellt.

#### 3.6.2.5 Stichprobenkennwertverteilung

Da es meist nicht möglich ist, die gesamte Population zu befragen oder zu untersuchen, schätzen empirische Wissenschaftler mithilfe von Stichproben die Populationskennwerte.<sup>215</sup> Die *Stichprobenkennwertverteilung* umfasst alle möglichen Mittelwerte von einer bestimmten Stichprobengröße, deren Mittelwert dem Populationsmittelwert entspricht. Daher wird jeder Wert aus dieser Verteilung als erwarteter Populationsschätzer bezeichnet. Dies gilt auch dann, wenn zwischen beiden

---

<sup>210</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 47.

<sup>211</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 676.

<sup>212</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 21.

<sup>213</sup> Vgl. ebd., S. 23 f und 29.

<sup>214</sup> Vgl. ebd., S. 21 und S. 24.

<sup>215</sup> Vgl. ebd., S. 26 ff.

Werten unter Umständen eine große Diskrepanz vorliegt. Diese Diskrepanz ist im Wesentlichen von der Streuung der Stichprobenkennwerteverteilung (dem Standardfehler) abhängig.

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine gute Schätzung durch das einmalige Ziehen einer Stichprobe erlangt wird, hängt von der Streuung der Stichprobenkennwerteverteilung ab: Das bedeutet, je kleiner der Standardfehler des Mittelwertes ist, desto präziser wird die Schätzung.<sup>216</sup> Dieser Wert ist nicht nur von der Streuung der Messwerte abhängig, sondern auch von der Größe der Stichprobe. Denn umso größer eine Stichprobe ist, desto weniger streuen die Mittelwerte. Bei kleinen Stichproben ( $N < 30$ ) ist die Normalverteilung häufig verletzt (siehe auch Bortz/Schuster (2010), S. 87).

Daher sollte der Stichprobenumfang mindestens  $n = 30$  betragen.<sup>217</sup> In diesem Zusammenhang soll der Begriff „*Zentrales Grenzwerttheorem*“ eingeführt werden. Dieser besagt, dass die Verteilung von Mittelwerten aus Stichproben eines bestimmten Umfangs  $n$  mit wachsenden Umfang in eine Normalverteilung übergeht. Es kann daher für ein großes  $n$  davon ausgegangen werden, dass Stichprobenverteilung des Mittels normal ist.

### 3.6.3 Inferenzstatistische Testverfahren

Bei der empirischen Forschung kann es teils zu großen Datenstreuungen kommen.<sup>218</sup> Daher ist die Beurteilung von zufallskritischen Effekten infolge der Variation der UV nur durch den Einsatz von inferenziellen (beweisführenden) Tests möglich. Dies geschieht durch die Anwendung von statistischen Prüftests, bei denen die  $H_0$  verworfen wird und somit angenommen werden kann, dass die  $H_1$  gültig ist.

Da bei der Onlineumfrage keine Hypothesenbewertungen und somit keine inferenzstatistischen Tests angewendet worden sind, beziehen sich die folgenden Erläuterungen nur auf die im Experiment angewendeten Verfahren.

Die Auswahl des geeigneten Prüfverfahrens ist entscheidend. Ohne die Erfüllung der entsprechenden Voraussetzungen darf der jeweilige Test nicht angewendet werden.

Dies hängt u.a. von der *Skalierung* der abhängigen Variablen ab.<sup>219</sup> Wenn mindestens ein Intervallniveau vorliegt, können prinzipiell sogenannte parametrische (verteilungsgebundene) Prüfverfahren angewendet werden. Bei diesen Verfahren werden die Mittelwerte und Varianzen zur Analyse genutzt. Diese können bei ordinal- oder nominalskalierten Variablen nicht berechnet werden. Daher muss in diesem Fall auf nichtparametrische (verteilungsfreie) Prüfverfahren zurückgegriffen werden.

Weiterhin ist zu berücksichtigen wie viele *Stufen* die UV hat. Bei mehr als zwei Stufen ist bei metrischen Daten zunächst ein Signifikanztest für alle Stufen der UV anzuwenden. Daraufhin sind sogenannte Post-hoc-Tests durchzuführen, bei denen jeweils zwei Stufen der UV auf Signifikanz überprüft werden (paarweiser Vergleich).

Für die Anwendung eines *parametrischen Verfahrens* muss eine Normalverteilung der Werte vorliegen. Bei mehr als 30 Versuchsteilnehmern kann prinzipiell von einer Normalverteilung ausgegangen werden (siehe dazu Kapitel 3.6.2.5). Das Testen auf Normalverteilung wird bei kleinen Stichproben

---

<sup>216</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 26 ff.

<sup>217</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 86 f.

<sup>218</sup> Vgl. Reiß/Sarris (2012), S. 160.

<sup>219</sup> Vgl. ebd., S. 161.

aufgrund der geringen Teststärke nicht empfohlen<sup>220</sup>. Zusätzlich sei darauf hingewiesen, dass die angewendeten parametrischen Tests bei Verletzung der Voraussetzung der Normalverteilung relativ robust sind, solange die Gruppen annähernd gleich groß und die Varianzen homogen sind (siehe Erläuterungen der jeweiligen Tests in diesem Kapitel).

Bei den parametrischen Verfahren *einfaktorielle Varianzanalyse* und *t-Test* wird die Voraussetzung der Varianzhomogenität mithilfe des *Levene-Tests* geprüft. Wenn dieser nicht signifikant ist, kann davon ausgegangen werden, dass die Varianzen annähernd homogen sind. Bei Vorliegen von Varianzheterogenität (signifikantes Ergebnis) ist auf die Prüfung mittels *nichtparametrischer Prüfverfahren* zurückzugreifen. Da bei dem Levene-Test die Nullhypothese („Varianzhomogenität besteht“) beibehalten werden soll, ist es ratsam das Signifikanzniveau  $\alpha$  nicht zu klein zu wählen. In der Literatur sind diesbezüglich unterschiedliche Werte zu finden: Mayer (2013) gibt einen  $\alpha$ -Wert von 0,05 an<sup>221</sup>. Bortz/Schuster (2010) empfiehlt jedoch mindestens einen  $\alpha$ -Wert von 0,1 um eine möglichst große Teststärke zu erreichen<sup>222</sup>.

Im Experiment wurden auch *Messwiederholungen* durchgeführt. Bei der inferenzstatistischen Auswertung von Messwiederholungen werden andere Tests genutzt als bei Auswertungen ohne Messwiederholung.

In Tabelle 7 ist eine Übersicht derjenigen Signifikanztests zu finden, die im Experiment verwendet worden sind. Wenn es sich bei den Verteilungen der einzelnen Daten um eine Normalverteilung handelte und die Voraussetzung der Varianzhomogenität erfüllt war, wurde parametrisch getestet. Ansonsten wurden nichtparametrische Tests angewendet. Die einfaktorielle Varianzanalyse und der t-Test können abgewandelt auch bei Messwiederholungen verwendet werden. Bei nominalem Skalenniveau hingegen wird bei der Messwiederholung anstelle des *Chi-Quadrat-Tests* entweder der *McNemar-Test für eine Messwiederholung* oder der *Cochran-Test für mehrere Messwiederholungen* angewendet. Aus bestimmten Gründen konnten diese beiden Verfahren jedoch nicht verwendet werden (siehe dazu Kapitel 5.3.1.2 und 5.3.1.6). Der Vollständigkeit halber sind sie dennoch in Tabelle 7 aufgeführt.

---

<sup>220</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 44.

<sup>221</sup> Vgl. Mayer (2013), S. 151.

<sup>222</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 128.

**Tabelle 7: Angewendete Signifikanztests**

Versuchsplan	Verteilung	Voraussetzungen	Skalenniveau (mindestens)	Signifikanztest
1 UV, 3 Stufen	parametrisch	Normalverteilung, Varianzhomogenität	Intervallniveau	Einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA)
	nichtparametrisch	Erwarteter Zellenwert bei mindestens 80 % $\geq 5$	Nominalniveau	Chi-Quadrat-Test
	nichtparametrisch	--	Ordinalniveau	Kruskal-Wallis H-Test
	nichtparametrisch	Messwiederholung	Nominalniveau	Cochran-Test
1 UV, 2 Stufen	parametrisch	Normalverteilung, Varianzhomogenität	Intervallniveau	t-Test
	nichtparametrisch	--	Ordinalniveau	Mann-Whitney U-Test
	nichtparametrisch	Messwiederholung	Nominalniveau	McNemar-Test

Auf die angewendeten Tests soll nun näher eingegangen werden. Die Beschreibung erfolgt stets folgendem Prinzip: Zunächst werden die Voraussetzungen für die Anwendungen jedes Tests aufgeführt. Es folgt die Erläuterung des Prinzips des Verfahrens und sowohl die Null- als auch Alternativhypothese wird spezifiziert. Dann werden die statistisch notwendigen Werte bestimmt und deren Berechnung sowie die statistische Bewertung dargestellt.

Die Testlogik der nichtparametrischen Verfahren ähnelt den parametrischen Verfahren, wie Varianzanalyse oder t-Test.<sup>223</sup> Das Konzept beinhaltet bei allen Verfahren, dass die Null- und Alternativhypothesen unter bestimmten  $\alpha$ - und  $\beta$ -Fehlerwahrscheinlichkeiten gegeneinander getestet werden.

Nichtparametrische Verfahren haben in Vergleich zu parametrischen Verfahren eine eingeschränkte Aussagemöglichkeit: Sie liefern Ergebnisse mit weniger Informationsgehalt und haben eine geringere Teststärke.<sup>224</sup> Daher sollte immer die Anwendung der parametrischen Verfahren präferiert werden, sobald die Voraussetzungen erfüllt sind.

Im Folgenden wird daher zunächst auf die parametrischen Verfahren *Einfaktorielle Varianzanalyse* und *t-Test* eingegangen, bevor die nichtparametrischen Verfahren *Chi-Quadrat-Test*, *Kruskal-Wallis H-Test* und *Mann-Whitney U-Test* erläutert werden.

<sup>223</sup> Vgl. Rasch et al. (2014b), S. 112.

<sup>224</sup> Vgl. ebd., S. 93 f.

### 3.6.3.1 Einfaktorielle Varianzanalyse (einfaktorielle ANOVA) ohne Messwiederholung

Durch die Anwendung der *einfaktoriellen ANOVA* kann festgestellt werden, ob die UV mit mehr als zwei Stufen einen systematischen Einfluss auf die Mittelwerte der AV hat.<sup>225</sup> Anders ausgedrückt wird untersucht, ob sich ein Haupteffekt des Faktors UV zeigt. Die Varianzanalyse stellt im Prinzip nichts anderes dar als den auf einen Mehrstichprobenfall erweiterten t-Test (Zweistichprobenfall). Die Anwendung des t-Tests im Falle von mehr als zwei Stichproben könnte durch die akkumulierte Wahrscheinlichkeit des  $\alpha$ -Fehlers Fehlentscheidungen nach sich ziehen.

Soll der Einfluss einer einzelnen UV auf eine AV betrachtet werden, ist die einfaktorielle ANOVA angemessen.<sup>226</sup> Folgende Bedingungen müssen dabei erfüllt sein:<sup>227</sup>

- Intervallskaliertheit der AV
- Normalverteilung des untersuchten Merkmals
- Homogenität der Varianzen in den Stufen der UV
- Messwerte in allen Bedingungen sind voneinander unabhängig

Gegen die Verletzung der zweiten und dritten Voraussetzung ist die Varianzanalyse (wie auch der t-Test) weitgehend robust.<sup>228</sup> Das heißt, sie liefert trotz Abweichungen von der Normalverteilungsannahme des Merkmals oder der Varianzhomogenität meistens zuverlässige Ergebnisse. Wenn der Stichprobenumfang sehr klein ( $n < 10$ ) und unterschiedlich stark auf die untersuchten Gruppen verteilt ist, ergeben sich bei der Verletzung der beiden Voraussetzungen Probleme. Dann sollte ein verteilungsfreies Verfahren eingesetzt werden. Das bedeutet, dass es bei mittlerem Stichprobenumfang und gleicher Versuchspersonenanzahl pro Bedingung selten zu Problemen kommt.

Die Nullhypothese der Varianzanalyse sagt aus, dass die Mittelwerte der Stufen der UV gleich sind.<sup>229</sup> Die entsprechende Alternativhypothese lautet, dass sich mindestens zwei Mittelwerte voneinander unterscheiden.

Im Folgenden soll nicht auf die theoretische Herleitung der einzelnen benötigten Werte eingegangen werden, sondern vielmehr auf die Daten und deren Bedeutung, die bei der Durchführung der einfaktoriellen ANOVA in SPSS<sup>230</sup> ausgegeben und die für die Signifikanzbeurteilung benötigt werden. Die Ausführungen erfolgen in Anlehnung an Rasch et al. (2014b)<sup>231</sup>.

Folgende Werte erscheinen im Ausgabefenster „Einfaktorielle ANOVA“ (siehe Bild 4): Die relevanten Quadratsummen (QS), der Freiheitsgrad (*df*) und die Varianzen (mittlere Quadratsummen (MQS)). In den letzten beiden Spalten werden der F-Wert (*F*) sowie dessen Wahrscheinlichkeit (*p*) unter der Nullhypothese (Spalte „Signifikanz“) abgebildet.

---

<sup>225</sup> Vgl. Reiß/Sarris (2012), S. 158.

<sup>226</sup> Vgl. Rasch et al. (2014b), S. 19 f.

<sup>227</sup> Vgl. ebd., S. 30 f.

<sup>228</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 214; **ebenso** Rasch et al. (2014b), S. 31.

<sup>229</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 206 f.; **ebenso** Rasch et al. (2014b), S. 20.

<sup>230</sup> SPSS = Statistical Program for Social Science

<sup>231</sup> Vgl. Rasch et al. (2014b), S. 15–23.

Einfaktorielle ANOVA					
	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Tun-	76,523	2	38,262	4,589	,019
nel_EBuLa_AOI_Attention_Ratio	225,101	27	8,337		
	301,624	29			

**Bild 4: Ausgabefenster „Einfaktorielle ANOVA“**

Der Faktor  $df$  ergibt sich aus folgender Formel, wobei  $p$  die Anzahl der Stufen der UV und  $n$  die Anzahl der Personen sei:

$$df = (p - 1) + (n - p)$$

Bei den Werten  $MQS$  handelt es sich um Schätzer der Populationsvarianzen. Sie ergeben sich aus den  $QS$  dividiert durch die Anzahl  $df$ .

Der  $F$ -Wert berechnet sich aus dem Verhältnis der Varianz zwischen den Gruppen und Varianz innerhalb der Gruppen. Wenn die systematische Varianz gleich 0 ist, so ist  $F = 1$ . Dann gibt es keinen systematischen Einfluss der experimentellen Variation. Wenn hingegen die systematische Varianz größer als 0 ist, so ist der  $F$ -Wert größer als 1 und ein systematischer Einfluss der experimentellen Variation ist vorhanden.

Der  $p$ -Wert zeigt die Wahrscheinlichkeit des  $F$ -Wertes unter der Nullhypothese an. Wenn diese kleiner ist als das vorher festgelegte Signifikanzniveau  $\alpha$ , so ist das Ergebnis signifikant. Das bedeutet bei der Varianzanalyse, dass der Haupteffekt des Faktors signifikant ist oder auch, dass der beobachtete  $F$ -Wert größer als der kritische  $F$ -Wert ist. Die Nullhypothese wird abgelehnt und die Alternativhypothese angenommen.

Bereits vor der Bewertung des  $F$ -Wertes lässt sich durch die Betrachtung der Mittelwerte kontrollieren, ob die Richtung der Mittelwertunterschiede der inhaltlichen Hypothese (Forschungshypothese) entspricht oder nicht. Zur Vermeidung falscher Interpretationen müssen vor der Berechnung der Varianzanalyse die deskriptiven Werte dahingehend genauestens überprüft werden, ob die Gruppenwerte in vorhergesagter Relation zueinander stehen. Wenn dies nicht der Fall ist, dürfen keine weiteren Berechnungen durchgeführt und die  $H_1$  kann nicht angenommen werden<sup>232</sup>.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Varianzanalyse stets nur die Behauptung testet, dass sich unter allen untersuchten Gruppen mindestens zwei befinden, die sich unterscheiden. Sie gibt keinen Aufschluss darüber, in welcher Richtung die Unterschiede bestehen. Die Varianzanalyse prüft demnach stets ungerichtet und zweiseitig. Post-hoc-Verfahren bieten sich hierbei an, um die exakte Struktur eines signifikanten Ergebnisses zu untersuchen. Diese klären auf, zwischen welchen Gruppen und in welcher Richtung Unterschiede bestehen. Als Post-hoc-Verfahren wurde im Experiment der in SPSS angebotene *Least Significant Difference (LSD) Test* angewendet, welcher unter Verwendung von  $t$ -Tests paarweise Vergleiche der Mittelwerte vornimmt. Auf den  $t$ -Test soll weiter unten näher eingegangen wird. Als Hinweis sei noch gegeben, dass der paarweise Vergleich der Gruppen über mehrere  $t$ -Tests aufgrund der  $\alpha$ -Fehler-Kumulierung und des Verlustes der Teststärke wissenschaftlichen An-

<sup>232</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 666 f.

sprüchen nicht gerecht wird<sup>233</sup>. Daher muss zunächst eine Überprüfung mit der einfaktoriellen ANOVA erfolgen, bevor paarweise verglichen werden kann.

#### 3.6.3.2 Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung

Mithilfe der *einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung* wird untersucht, ob es zu Unterschieden zwischen der Ausprägung eines Merkmals zu verschiedenen Messzeitpunkten gekommen ist. Dabei werden mehr als zwei Messzeitpunkte miteinander verglichen. Die Ausführungen des vorliegenden Kapitels wurden dem Kapitel 7.1 von Rasch et al. (2014b) entnommen<sup>234</sup>.

Im Gegensatz zu der einfaktoriellen ANOVA ohne Messwiederholung muss anstatt der Bedingung der Unabhängigkeit der Messwerte die Annahme der Zirkularität oder auch Sphärizität erfüllt sein. Das bedeutet, dass die Varianzen der Differenzen zwischen jeweils zwei Faktorstufen homogen sein müssen. In SPSS wird diese Voraussetzung automatisch durch den Mauchly-Test auf Sphärizität getestet und ausgegeben. Wenn sich bei diesem Test ein nicht signifikantes Ergebnis ergibt ( $p > 0,05$ ), deutet dies darauf hin, dass die Annahme der Zirkularität erfüllt ist. Allerdings hat der Mauchly-Test auf Sphärizität bei einer geringen Anzahl an Versuchsteilnehmern eine geringe Teststärke. Es könnte also eine Verletzung der Sphärizität vorliegen, obwohl der Test signifikant ist. Es wird empfohlen diesen Aspekt bei der Auswertung zu beachten. Zur Kompensation der Verletzung der Voraussetzung gibt es Korrekturverfahren. Gem. Rasch et al. (2014b)<sup>235</sup> wird bei den meisten Verletzungen der Zirkularität das Korrekturverfahren nach Box verwendet. In SPSS wird diese Korrektur mit der Zeile „Greenhouse-Geisser“ ausgegeben.

Die Prüfung auf Signifikanz in der Varianzanalyse mit Messwiederholung erfolgt analog zu der Varianzanalyse ohne Messwiederholung. Die Nullhypothese des Haupteffekts behauptet, dass alle Populationsmittelwerte der Stufen bzw. der Messzeitpunkte gleich sind. Die Alternativhypothese besagt dahingegen, dass es Unterschiede zwischen diesen gibt.

Auch bei der Varianzanalyse mit Messwiederholung ist nach Feststellen eines signifikanten Effekts zu untersuchen, welche Messzeitpunkte sich systematisch voneinander unterscheiden. Dies erfolgte auch hier durch den paarweisen Vergleich mittels des Post-hoc-Tests LSD.

#### 3.6.3.3 t-Test für unabhängige Stichproben

Dem *t-Test* werden die mithilfe der Stichprobe geschätzten Populationsparameter der Streuung und des arithmetischen Mittels zugrunde gelegt.<sup>236</sup> Der t-Test bietet eine Entscheidungshilfe dahingehend, ob der gefundene Mittelwertunterschied zufällig entstanden oder es wirklich bedeutsame Unterschiede zwischen den zwei untersuchten Gruppen gibt. Es wird demnach mathematisch überprüft, ob eine empirische Mittelwertdifferenz zufällig oder systematisch entstanden ist. Daher bildet die Differenz der Gruppenmittelwerte den Stichprobenkennwert des t-Tests. Da der t-Test lediglich zwei Gruppen untersucht, ist bei drei oder mehr Gruppen auf die bereits beschriebene Varianzanalyse zurückzugreifen.

---

<sup>233</sup> Vgl. Rasch et al. (2014b), S. 3 f.

<sup>234</sup> Vgl. Rasch et al. (2014b), S. 66–79.

<sup>235</sup> Vgl. Rasch et al. (2014b), S. 73.

<sup>236</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 34.



Folgende Voraussetzungen müssen für die Überprüfung der Hypothesen mittels des t-Tests erfüllt sein.<sup>237</sup>

- untersuchtes Merkmal ist intervallskaliert
- untersuchtes Merkmal ist in der Populationsgröße normalverteilt
- Varianzen der Populationen der untersuchten Gruppen sind gleich (Varianzhomogenität)
- für den t-Test für unabhängige Stichproben ist zusätzlich die Unabhängigkeit der Gruppen notwendig

Wie bereits weiter oben bei der Varianzanalyse näher erläutert, erweist sich der t-Test bei Verletzung der zweiten und dritten Voraussetzung als robust.<sup>238</sup> Dies ist vor allem der Fall, wenn es sich um gleich große Stichprobenumfänge aus eingipflig-symmetrisch verteilten Grundgesamtheiten handelt. Wenn die Stichprobenumfänge sehr unterschiedlich und die Varianzen gleich sind, erfolgt keine Beeinträchtigung der Genauigkeit des t-Tests. Falls jedoch die Stichprobenumfänge und Varianzen unterschiedlich sind, kann es deutlich öfter zu Fehlentscheidungen kommen.

Weiter oben wurde aufgeführt, dass beim t-Test die Differenzen der beiden Mittelwerte beurteilt werden.<sup>239</sup> Die Bildung der Differenz der Mittelwerte wird durch die Formulierung der statistischen Hypothese festgelegt. Dabei ist es entscheidend, welcher Wert vom anderen subtrahiert wird: Entweder ist die Differenz von Mittelwert 1 und 2 größer als „0“. Oder genau umgekehrt, dann ist die Differenz von Mittelwert 2 und 1 kleiner als „0“. Wird empirisch ein Unterschied zwischen den Mittelwerten gefunden, liegt noch kein Beweis dafür vor, dass die Stichproben auch aus zwei unterschiedlichen Populationen stammen, da es sich bei den Werten um Stichprobendaten handelt (siehe vertiefend in Rasch et al. (2014a), S. 36). Die Variation der Stichprobenmittelwerte könnte auch auf Stichprobenfehlern beruhen. Um das zu verhindern, wird die Nullhypothese gebildet.

Durch die Bildung der Nullhypothese wird angenommen, dass keine Differenz zwischen den beiden Gruppen besteht (die Differenz ist zufällig entstanden).<sup>240</sup> Die Alternativhypothese setzt dahingegen einen Unterschied voraus.

Wird der t-Test mit SPSS durchgeführt, werden zwei Tabellen ausgegeben: Zum einen die Gruppenstatistiken (Anzahl der Versuchspersonen in jeder der beiden Gruppen, Mittelwerte, Standardabweichungen und Standardfehler des Mittelwertes) und zum anderen sowohl Statistiken zum Levene-Test als auch zum t-Test (siehe Bild 5).<sup>241</sup> Beim t-Test werden aufgrund des durchzuführenden Levene-Tests zur Überprüfung auf Varianzhomogenität zwei Zeilen relevant: Wenn Varianzhomogenität besteht – dies ist der Fall, wenn die Signifikanz  $< 0,1$  ist – dann sind der t-Wert, dessen Freiheitsgrad  $df$  und der p-Wert im Signifikanzfeld der zweiten Zeile zu entnehmen. Falls der Signifikanzwert beim Levene-Test positiv ist – d.h. Varianzhomogenität besteht – sind die jeweiligen Werte der ersten Zeile heranzuziehen. Diese Möglichkeit besteht, da der t-Test Varianzhomogenität korrigieren kann.

---

<sup>237</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 43.

<sup>238</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 122.

<sup>239</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 35 f.

<sup>240</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 117; **ebenso** Rasch et al. (2014a), S. 36.

<sup>241</sup> Vgl. Rasch et al. (2014c), S. 2.

Test bei unabhängigen Stichproben										
		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Anzahl_	Varianzen sind gleich	3,046	,098	-1,408	18	,176	-1,100	,781	-2,741	,541
Ueberschr	Varianzen sind nicht gleich			-1,408	15,332	,179	-1,100	,781	-2,762	,562

**Bild 5: Ausgabefenster „Gruppenstatistik“ und „t-Test bei unabhängigen Stichproben“**

Der Wert  $df$  ergibt sich aus folgenden Überlegungen: Pro Gruppe gibt es einen Freiheitsgrad weniger als Versuchspersonen ( $df = n_1 + n_2 - 2$ ).<sup>242</sup> Bei der Annahme ungleicher Varianzen korrigiert SPSS automatisch diese Freiheitsgrade nach unten. Dadurch kann der t-Test noch immer zuverlässige Ergebnisse liefern. Eine Freiheitsgradkorrektur kann die Auftretenswahrscheinlichkeit eines empirischen t-Werts unter Annahme der Nullhypothese entscheidend beeinflussen. Vertiefend sei dazu auf den Exkurs zum Konzept der Freiheitsgrade in Rasch et al. (2014), S. 40 f verwiesen.

Wenn die ermittelte Wahrscheinlichkeit des t-Wertes kleiner ist als der zuvor festgelegte  $\alpha$ -Fehler (bzw. der empirische t-Wert im Betrag größer ist als der Betrag des kritischen t-Werts), dann wird die empirische Mittelwertdifferenz als signifikant bezeichnet und die Nullhypothese abgelehnt.<sup>243</sup> Denn die Wahrscheinlichkeit des empirischen t-Werts unter der Nullhypothese ist zu klein. Die Interpretation kann daher beispielsweise wie folgt lauten<sup>244</sup>: „Es ist [...] unwahrscheinlich, dass die beiden Mittelwerte [...] Populationen mit demselben Mittelwert entspringen. Die Nullhypothese wird verworfen und die Alternativhypothese angenommen.“

Wenn das durch SPSS ausgegebene zweiseitige Ergebnis nach konventionellen Regeln nicht signifikant ist – vorausgesetzt die Richtung der Differenz wurde vorhergesagt – ist eine einseitige Testung legitim und der p-Wert darf halbiert werden.<sup>245</sup> Somit kann zumindest bei marginal signifikantem Ergebnis bei zweiseitiger Testung, ein einseitig signifikantes Ergebnis interpretiert werden.

### 3.6.3.4 t-Test für abhängige Stichproben

Der *t-Test für abhängige Stichproben* wird u.a. bei Messwiederholungen angewendet.<sup>246</sup> Bei abhängigen Stichproben werden im Gegensatz zu unabhängigen Stichproben gleich mehrere Werte von den Eigenschaften derselben Person systematisch beeinflusst. Daher betrachtet der t-Test für abhängige Stichproben die Differenz der einzelnen Versuchsteilnehmer, wodurch nur der Unterschied der Messwerte zwischen der ersten und der zweiten Messung in die Auswertung mit eingeht.

Die Bewertung erfolgt analog zur Bewertung nach einem t-Test für unabhängige Stichproben. Der Freiheitsgrad wird aus der Differenz der Anzahl der Messwertepaare bzw. Versuchsteilnehmer minus 1 berechnet ( $df = N - 1$ ).

<sup>242</sup> Vgl. Rasch et al. (2014c), S. 2.

<sup>243</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 44.

<sup>244</sup> Vgl. Rasch et al. (2014c), S. 2.

<sup>245</sup> Vgl. Rasch et al. (2014a), S. 46.

<sup>246</sup> Vgl. ebd., S. 62 f für das ganze Kapitel 3.6.3.4.

Die Nullhypothese geht bei zweiseitiger Fragestellung davon aus, dass es keine Differenz zwischen den Populationsmittelwerten gibt. Dem gegenüber steht die Alternativhypothese, die besagt, dass es Unterschiede zwischen diesen gibt. Einseitige Fragestellungen können natürlich auch getestet werden ( $H_0$ : Populationsmittelwertdifferenz  $\leq 0$ ;  $H_1$ : Populationsmittelwertdifferenz  $> 0$ ).

#### 3.6.3.5 Chi-Quadrat-Test

Der *Chi-Quadrat-Test* ( $\chi^2$ -Test) wird unter folgenden Bedingungen, die gleichzeitig die Voraussetzungen des Verfahrens darstellen, angewendet:<sup>247</sup>

- AV müssen nominalskaliert sein
- einzelne Beobachtungen sind voneinander unabhängig
- jeder Versuchsteilnehmer kann eindeutig einer Kategorie bzw. Merkmalskombination zugeordnet werden
- die erwarteten Häufigkeiten sind in mehr als 80 % der Zellen des Versuchsplans größer als 5

Wenn die vierte Bedingung nicht erfüllt ist, muss der exakte Test eingesetzt werden.<sup>248</sup> Der daraus resultierende Wert wird automatisch durch SPSS in der Zeile „Exakter Test nach Fisher“ ausgegeben.

Die nun folgenden Ausführungen erfolgen in Anlehnung an Rasch et al. (2014b), S. 112–225.

Der  $\chi^2$ -Test analysiert die Häufigkeitsverteilung, die aus der Einteilung der Versuchsobjekte in unterschiedliche Kategorien entstanden ist. Für die Analyse ist eine Annahme über eine theoretisch zu erwartende Verteilung der Häufigkeiten zu treffen. Diese Annahme wird durch die Nullhypothese festgelegt. Wenn der  $\chi^2$ -Wert unter der Annahme der  $H_0$  hinreichend unwahrscheinlich ist (d.h.  $p < \text{festgelegtes Signifikanzniveau } \alpha$ ), kann die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden.

Es wird zwischen dem *ein- oder zweidimensionalen*  $\chi^2$ -Test unterschieden. Ersterer ist anzuwenden, wenn die Versuchsteilnehmer einer Population anhand eines Merkmals mit zwei oder mehreren Stufen eingeteilt werden. Letzterer stellt eine Erweiterung des eindimensionalen Tests um ein weiteres kategoriales Merkmal mit mindestens zwei Stufen dar. Beim  $\chi^2$ -Test wird jedoch auf statistischer Ebene nur zwischen Merkmalen auf nominalskaliertem Niveau und nicht zwischen UV und AV differenziert. Da das Experiment genau die Auswirkung einer UV auf jeweils eine AV untersucht und somit die Versuchsteilnehmer mit jeweils zwei Merkmalen klassifiziert werden, findet der zweidimensionale  $\chi^2$ -Test seine Anwendung.

Bei dem *zweidimensionalen*  $\chi^2$ -Test hat der Versuchsplan die Form einer Kreuztabelle. In der Zeile steht das erste Merkmal mit  $k$  Stufen, in der Spalte das zweite Merkmal mit  $l$  Stufen. Aufgrund der Annahme über die theoretisch erwartete Verteilung durch die Nullhypothese können die erwarteten Häufigkeiten der einzelnen Zellen ermittelt und mit den beobachteten Werten verglichen werden. Die erwarteten Häufigkeiten entsprechen der Nullhypothese.

Prinzipiell gibt es bei diesem Test unendlich viele Nullhypothesen. Eine besondere Form und auch der Regelfall der zweidimensionalen  $\chi^2$ -Tests bildet die *Kontingenzanalyse*, die auf Unabhängigkeit der

---

<sup>247</sup> Vgl. Rasch et al. (2014b), S. 128 f.

<sup>248</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 141.

beiden Merkmale testet. Diese ermöglicht die Aussage, ob die zwei betrachteten Merkmale in irgendeiner Form zusammenhängen. Im Experiment wurde diese Regelform bei nominalskalierten Variablen angewendet.

Hierbei unterstellt die Nullhypothese  $H_0$  des zweidimensionalen  $\chi^2$ -Tests, dass die Merkmale unabhängig voneinander sind. In diesem Fall bedeutet das, dass die Ausprägung der AV nicht von der UV abhängt. Die Alternativhypothese  $H_1$  dahingegen sagt aus, dass die beiden Merkmale UV und AV zusammenhängen.

Wird die Kontingenzanalyse in SPSS angewendet, so erscheinen im Ausgabefenster „ $\chi^2$ “ folgende Werte: Neben anderen Koeffizienten wird der  $\chi^2$ -Testwert, dessen Freiheitsgrad ( $df$ ) und die Signifikanzbewertung ( $p$ ) geliefert (siehe jeweils erste Zeile im Ausgabefenster).

Der  $\chi^2$ -Wert misst die Abweichung der beobachteten von den erwarteten Häufigkeiten: Je größer dieser Wert ist, desto unwahrscheinlicher ist es, dass die Nullhypothese in der Population gilt. Wenn das Resultat statistisch signifikant ist (d.h. die Wahrscheinlichkeit des  $\chi^2$ -Wertes  $p$  ist kleiner als das zuvor festgelegte Signifikanzniveau  $\alpha$ ), dann kann die Nullhypothese verworfen und angenommen werden, dass es einen Zusammenhang zwischen der AV und der Versuchsbedingung gibt (entspricht der Alternativhypothese).

Der Faktor  $df$  ergibt sich aus folgender Formel, wobei  $k$  die Anzahl der Stufen der UV und  $l$  die Anzahl der Stufen der AV seien:

$$df = (k - 1) * (l - 1)$$

Zusätzlich können in SPSS die Werte *Phi* und *Cramers Index* bzw. *Cramer-V* als Informationen zu Effektstärken ausgegeben und direkt als Korrelationsmaß zweier nominalskalierten Variablen ausgewertet werden.<sup>249</sup> Der Wert „0“ stellt die stochastische Unabhängigkeit dar, wohingegen der Wert „1“ den perfekten Zusammenhang ausdrückt.

Zu den Schwächen des  $\chi^2$ -Tests gehören, dass genaue Aussagen über die Häufigkeitsunterschiede in den einzelnen Stufen nicht erlaubt sind und keine Aussage über die inhaltliche Relevanz der Stufen gemacht werden können. Hierbei hilft ggf. ein Blick auf die empirischen Daten: Die Betrachtung der Größe der Abweichungen der beobachteten von den erwarteten Häufigkeiten in den einzelnen Zellen kann aufschlussreich sein. Jedoch lautet die einzig statistisch korrekte Aussage, dass ein Zusammenhang zwischen dem ersten und dem zweiten Merkmal existiert.

#### 3.6.3.6 Kruskal-Wallis H-Test

Kapitel 8.1 und 8.2 von Rasch et al. (2014b)<sup>250</sup> bilden die Grundlage der folgenden Beschreibungen.

Der *Kruskal-Wallis H-Test* stellt eine Alternative zur einfaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung dar, falls deren mathematischen Voraussetzungen nicht erfüllt sind. Bei diesem Test handelt es sich um ein nichtparametrisches Verfahren.

---

<sup>249</sup> Vgl. Rasch et al. (2014d), S. 9.

<sup>250</sup> Vgl. Rasch et al. (2014b), S. 94–108.

Sowohl der *H-Test* als auch der weiter unten behandelte *U-Test* legen ihre eigene Verteilung in Form von Rangplätzen zugrunde, anstatt mit Populationsparametern und -verteilungen zu arbeiten. Daher müssen für deren Anwendung nur folgende zwei Voraussetzungen erfüllt sein:

- Rangskaliertheit der Daten
- zufällige Zuordnung der Versuchsteilnehmer

Die Zuordnung der Ränge erfolgt beim *H-Test* und beim *U-Test* unabhängig von ihrer Gruppenzugehörigkeit. Je nach Größe des Messwertes wird eine ganze Zahl zwischen 1 und  $N$  zugeordnet, wobei bei gleichen Messwerten ein mittlerer Rang aus den zugehörigen Rängen gebildet wird.

Der *H-Test* wird auch als „Rangvarianzanalyse“ bezeichnet. Bei dem Test wird überlegt, dass die Rangplätze bei Zutreffen der Nullhypothese sich zufällig über die Gruppen verteilen. Wie auch bei der Varianzanalyse testet die Nullhypothese, dass sich die zugrunde gelegten Verteilungen nicht unterscheiden. Auch die Alternativhypothese besagt, dass sich mindestens eine Gruppe von der anderen unterscheidet, gibt aber keinen Aufschluss darüber, zwischen welchen Gruppen Differenzen entstanden sind. Für den *H-Test* liegen keine gängigen Post-hoc-Verfahren vor. Paarweise kann mittels des Mann-Whitney *U-Test* genauer untersucht werden.

#### 3.6.3.7 Mann-Whitney U-Test

Dieser nichtparametrische Test zum paarweisen Vergleich kommt dann zum Einsatz, wenn bei kleinen Stichproben die Voraussetzungen der Normalverteilung und ggf. Varianzhomogenität nicht erfüllt sind<sup>251</sup>. Er bietet somit eine Alternative für den *t-Test* für unabhängige Stichproben.<sup>252</sup> Der *U-Test* prüft ebenso wie der *t-Test*, ob es zwischen den zwei Gruppen zu zufälligen oder systematischen Unterschieden bezüglich einer AV kam. Anders ist jedoch, dass keine Messwerte direkt, sondern die zugeordneten Rangplätze analysiert werden (dazu sei auf die Beschreibung im Abschnitt zum „Kruskal-Wallis *H-Test*“ verwiesen).

Beim *U-Test* wird die Anzahl der *Rangplatzüberschreitungen* ( $U$ ) und die Anzahl der *Rangplatzunterschreitungen* ( $U'$ ) zwischen zwei Gruppen betrachtet.<sup>253</sup> Die Nullhypothese nimmt an, dass diese beiden Werte identisch seien.

Die Ausgabe bei der Anwendung des *U-Tests* in SPSS unterscheidet sich auch hier deutlich von den Ausgaben der anderen behandelten Verfahren: Neben der Ausformulierung der Nullhypothese wird zum einen das zweiseitige Signifikanzniveau angegeben und zum anderen die inferenzstatistische Entscheidung ausformuliert. An dieser Stelle der *U-Wert* nicht weiter erläutert werden. Vielmehr sei dazu auf Rasch et al. (2014b), S. 94 ff. verwiesen.

---

<sup>251</sup> Vgl. Bortz/Schuster (2010), S. 130.

<sup>252</sup> Vgl. Rasch et al. (2014b), S. 94 f.

<sup>253</sup> Vgl. Rasch et al. (2014b), S. 108.

## 4 Streckenkenntnis aus Sicht der Triebfahrzeugführer

Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich mit der Onlinebefragung, die durchgeführt worden ist, um einerseits die aktuelle Situation in Deutschland und die Bedeutung der Thematik „Streckenkenntnis“ für Tf zu erfassen und andererseits weiter zu untersuchende Aspekte aufzuzeigen.

Im ersten Abschnitt dieses Kapitels sind zunächst die Ziele der Onlinebefragung und die generierten Fragestellungen aufgeführt. Bevor die Untersuchungsergebnisse dargestellt werden, erfolgt die Beschreibung des methodischen Vorgehens, wobei u.a. die einzelnen Fragen des Fragebogens vorgestellt und die Grundgesamtheit sowie die Stichprobenauswahl erläutert werden. Abschließend werden die Ergebnisse diskutiert, um u.a. Rückschlüsse für weitere Untersuchungen zu ziehen, und zusammengefasst.

### 4.1 Untersuchungsgegenstand

Im Kapitel 2.5 wurde der Forschungsbedarf zur Thematik „Streckenkenntnis“ bereits aufgezeigt. In folgenden Themenbereichen gilt es, Untersuchungen durchzuführen:

- Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs
- Erhalt der Streckenkenntnis
- Streckenkenntnisrelevante Aspekte
- Gestaltung eines computerbearbeiteten Videos

Weitere, bei der Untersuchung zu beachtende Punkte sind zum einen das Erforschen von Gründen für das Fahren mit eingeschränkter und ohne Streckenkenntnis und zum anderen die Betrachtung der Relevanz von Streckenkenntnis bei den Verkehrsarten (Güterzug / Reisezug), im Bahnhof oder auf der freien Strecke sowie Haupt- und Nebenbahnen.

#### 4.1.1 Ziele

Die Überlegungen in Kapitel 2.5 zu den einzelnen Themenbereichen beinhalteten kaum einen konkreten Bezug zur Bedeutung von Streckenkenntnis aus Sicht der Tf oder geben keine Auskunft darüber, wie oft welche Situationen in Deutschland vorkommen. Daher ist es für die Autorin der vorliegenden Arbeit zunächst von Interesse, die Meinungen der Tf zu den einzelnen Themenbereichen zu erfahren sowie einen Überblick über die aktuelle Situation zum Thema „Streckenkenntnis“ in Deutschland aus Sicht der Tf zu erhalten. Auf den Antworten und Erkenntnissen aufbauend werden zum einen Empfehlungen für den weiteren Umgang mit Streckenkenntnis und somit für die Regelungen in der VDV-Schrift 755 gegeben. Zum anderen wurde auf Basis der Erkenntnisse und Ergebnisse eine Untersuchung am Simulator durchgeführt, mithilfe derer es galt, die im Kapitel 2.5.7 aufgeführten Forschungsthemen vertiefend zu untersuchen.

### 4.1.2 Fragestellungen

Um die Ziele der Onlinebefragung zu erreichen, werden zunächst konkrete Fragestellungen entwickelt. Bei der Entwicklung der Fragestellungen wird sich an den oben aufgeführten Themenbereichen orientiert. Der Themenbereich „Gestaltung eines computerbearbeiteten Videos“ wird von der Onlinebefragung ausgeklammert, da es sich um einen sehr konkreten und nicht mehr allgemeinen Aspekt handelt, der erst im Rahmen des Experiments am Simulator näher zu untersuchen ist.

Eine zentrale Frage bei den „Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs“ ist es, durch welche der in Abschnitt 3 der VDV-Schrift 755 vorgegebenen Möglichkeiten Tf in Deutschland in der Regel Streckenkenntnis erwerben. In den Kapiteln 2.2.1.4 und 2.5 der vorliegenden Arbeit wurde bereits dargestellt, dass es weitere gute technische Möglichkeiten gibt, Streckenkenntnis durch virtuelle Möglichkeiten zu erwerben (wie z.B. CBT). Hinsichtlich der Erwerbsmöglichkeiten ist vor allem der Unterschied zwischen den traditionellen Möglichkeiten (Selbständige Fahrt in Begleitung eines Lotsen oder Mitfahrt im Führerraum) und den neuen virtuellen Möglichkeiten (Filme, CBT, Simulatorfahrt) von besonderem Interesse. Denn bei der Verwendung von virtuellen Methoden zum Streckenkenntniserwerb besteht Potenzial zur Kosten- sowie Zeiteinsparung. Der Aspekt „CBT (originale Streckenabbildung mit Hinweisen)“ ist zwar nicht in der VDV-Schrift 755 aufgeführt, ist aber zu untersuchen, da dieser bereits angewendet wird und zeitsparend ist sowie flexibel eingesetzt werden kann. Im Sinne der Vollständigkeit gilt es, die Aspekte „Begehen der Infrastruktur“ und „Einsehen betrieblicher Unterlagen“ in die Betrachtungen mit einzubeziehen. Jene stellen dabei keine eigenständigen Möglichkeiten dar, sondern dienen dem Erwerb zusätzlicher Kenntnisse. Denn z.B. wird das Begehen der Infrastruktur nur in bestimmten Abschnitten (wie z.B. Anschlussbahnen) möglich sein, nicht jedoch auf der gesamten Strecke.

Eine zweite zentrale Frage hinsichtlich der „Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs“ zielt darauf ab, zu erfahren, welche der Erwerbsmöglichkeiten Tf bevorzugen oder wählen würden und warum. Durch die Gespräche mit den Tf während der Beobachtungsfahrten wurde deutlich, dass es zwischen Tf divergierende Meinungen gibt: Viele Tf würden nie ohne traditionelle Möglichkeiten Streckenkenntnis (wie z.B. Mitfahrten im Führerraum) erwerben wollen. Dahingegen könnten sich andere Tf durchaus Streckenkenntniserwerb mittels virtueller Möglichkeiten vorstellen oder sich eher beim Fdl nur über die Gegebenheiten in jeweils relevanten größeren Bahnhöfen erkundigen, da sie z.B. Mitfahrten zeitlich als zu umfangreich empfinden.

Im Kapitel 2.5.6 wurde bereits erwähnt, dass z.B. das verstärkte Aufkommen von Ad-hoc-Verkehren im Güterverkehrsbereich dazu führen kann, dass heutzutage häufiger mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis gefahren wird. Von besonderem Interesse ist es daher, Kenntnis darüber zu erlangen, wie häufig diese beiden Situationen tatsächlich in Deutschland vorkommen. Dabei spielen auch die Ursachen eine Rolle. Interessant ist hierbei vor allem, ob diese über die in der VDV-Schrift 755 aufgeführten Situationen hinausgehen.

Um zu beurteilen, ob die Länge der durch die VDV-Schrift 755 vorgegebenen Zeiträume zum Erhalt der Streckenkenntnis angemessen ist, wurden zunächst die Tf – als direkte Betroffene – dazu befragt.

Des Weiteren gilt es in Erfahrung zu bringen, um welche Teilaspekte der Endanwender – nämlich der Tf – die Liste der Anlage 1 der VDV-Schrift 755 für streckenkenntnisrelevante Aspekte ergänzen wür-

de und ob er tatsächlich die aufgeführten Aspekte als wichtig erachtet. Zusätzlich sind Kenntnisse darüber zu gewinnen, um welche Zusatzinformationen in Form von streckenkenntnisrelevanten Aspekten die computerbearbeiteten Streckenkenntnisvideos des Projekt GPSInfradat ergänzt werden können.

Die Überlegungen bezüglich der unterschiedlichen Relevanz der Verkehrsarten (Güterzug und Reisezug) lassen sich noch erweitern um im „Sonderverkehr“ tätige Tf und Tf, die im „Rangierbetrieb“ arbeiten. Mit dem letzten Aspekt werden gleichzeitig die eventuellen Unterschiede hinsichtlich der Relevanz im Bahnhofsbereich und auf der freien Strecke berücksichtigt.

Bei der Unterscheidung der Relevanz von Streckenkenntnis bei Hauptbahnen oder Nebenbahnen wurde analog zur üblichen Unterteilung der Hauptbahnen in „Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz gehören“ und „sonstige Hauptbahnen“ ebenfalls diese beiden Aspekte neben dem Aspekt „Nebenbahnen“ bei der Untersuchung berücksichtigt.

Die eben hergeleiteten Fragestellungen werden wie folgt nummeriert zusammengefasst:

- 1. Durch welche der in Abschnitt 3 der VDV-Schrift 755 vorgegebenen Möglichkeiten erwerben Tf in Deutschland in der Regel Streckenkenntnis?**
- 2. Welche der in Abschnitt 3 der VDV-Schrift 755 vorgegebenen Möglichkeiten bevorzugen Tf zum Streckenkenntniserwerb und warum?**
- 3. Wie häufig wird in Deutschland mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis gefahren? Aus welchen Gründen erfolgt dies und werden weitere Gründe genannt, die nicht in der VDV-Schrift 755 aufgeführt sind?**
- 4. Halten Tf die in Abschnitt 4 der VDV-Schrift 755 vorgegebenen Zeiträume zum Erlöschen der Streckenkenntnis für angemessen?**
- 5. Welche Aspekte spielen aus Sicht der Tf beim Streckenkenntniserwerb welche Rolle?**
- 6. Ist Streckenkenntnis für Tf bei verschiedenen Verkehrsarten unterschiedlich wichtig?**
- 7. Ist Streckenkenntnis für Tf auf Haupt- oder Nebenbahnen unterschiedlich wichtig?**

## 4.2 Methode

Wie bereits im Kapitel 3 näher erläutert und begründet, wurde zur Beantwortung der hergeleiteten sieben Fragen eine Onlineumfrage durchgeführt. Im vorliegenden Kapitel wird das angewendete Vorgehen beschrieben, wie die zur Beantwortung der Fragestellungen und Erreichung der Zielsetzung notwendigen Daten bzw. Informationen erhoben worden sind.

Dazu werden zunächst die gemessenen Variablen den Fragestellungen aus Kapitel 4.1 gegenübergestellt und weitere notwendige Variablen näher erläutert. Danach wird das Messinstrument – in diesem Fall der Fragebogen – vorgestellt und erklärt. Weiterhin wird auf die Umfrageteilnehmer, einschließlich der Grundgesamtheit und Stichprobenauswahl, näher eingegangen. Das Kapitel schließt mit der Vorstellung der Durchführung und der Vorgehensweise bei der Auswertung der Onlinebefragung.



### 4.2.1 Operationalisierung

Anhand der Frage- und Zielstellungen ließen sich Messgrößen ableiten, bei denen es sich unter Mitbeziehung der weiter unten erläuterten Störvariablen zeitgleich um AV handelte. Daher wird für diese Messgrößen im Folgenden die Bezeichnung „AV“ verwendet. Es werden zunächst die AV dargestellt, bevor auf die Störvariablen eingegangen wird, die gleichzeitig als UV fungierten.

#### 4.2.1.1 Abhängige Variablen

In Tabelle 8 sind den Fragestellungen aus Kapitel 4.1.2 die AV und die zugehörigen Fragen im Fragebogen zugeordnet. Die Tabelle dient der allgemeinen Übersicht. Für die konkreten Fragen des Fragebogens und Erklärungen der einzelnen AV sei auf das Kapitel 4.2.2 verwiesen.

**Tabelle 8: Zuordnung AV zu den untersuchenden Fragestellungen und den Fragen im Fragebogen**

Fragestellungen (aus Kapitel 4.1.2)	AV	Frage im Fragebogen
1. Durch welche der in Abschnitt 3 der VDV-Schrift 755 vorgegebenen Möglichkeiten erwerben Tf in Deutschland in der Regel Streckenkenntnis?	AV 1: Häufigkeit der angewendeten Möglichkeiten	Frage 1
2. Welche der in Abschnitt 3 der VDV-Schrift 755 vorgegebenen Möglichkeiten bevorzugen Tf zum Streckenkenntniserwerb und warum?	AV 2a: Beurteilung der Eignung der Möglichkeiten AV 2b: Begründung der Eignung der Möglichkeiten	Frage 2 Frage 3
3. Wie häufig wird in Deutschland mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis gefahren? Aus welchen Gründen erfolgt dies und werden weitere Gründe genannt, die nicht in der VDV-Schrift 755 aufgeführt sind?	AV 3a: Häufigkeit Fahren mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis AV 3b: Begründung des Fahrens mit eingeschränkter bzw. ohne Streckenkenntnis	Frage 4 Frage 5
4. Halten Tf die in Abschnitt 4 der VDV-Schrift 755 vorgegebenen Zeiträume zum Erlöschen der Streckenkenntnis für angemessen?	AV 4: Beurteilung der Angemessenheit der Zeiträume	Frage 6 und 7
5. Welche Aspekte spielen aus Sicht der Tf beim Streckenkenntniserwerb welche Rolle?	AV 5: Wichtigkeit der Teilaspekte der Streckenkenntnis	Frage 8 und 9
6. Ist Streckenkenntnis für Tf bei verschiedenen Verkehrsarten unterschiedlich wichtig?	AV 6: Wichtigkeit Streckenkenntnis bezüglich Verkehrsart	Frage 10
7. Ist Streckenkenntnis für Tf auf Haupt- oder Nebenbahn unterschiedlich wichtig?	AV 7: Wichtigkeit Streckenkenntnis bezüglich Streckenart	Frage 11

### 4.2.1.2 Störvariablen bzw. Unabhängige Variablen

In Kapitel 4.1 wurden mit den Aspekten „Verkehrsart“ und „Streckenart“ bereits zwei Faktoren herausgearbeitet, die Einfluss auf die Bewertungen und Beurteilungen der Befragten haben konnten. Folgende – aus Sicht der Autorin relevanten – Merkmale und somit Störvariablen wurden in die Betrachtung einbezogen, auf die im Nachgang näher eingegangen wird:

- Vertrautheit der Strecken
- Berufserfahrung (Fahrleistung und Tätigkeitsdauer)
- Verkehrsart
- Streckenart

Hinsichtlich der „Vertrautheit der Strecken“ war es interessant zu wissen, ob ein Befragter für gewöhnlich entweder „stets neue Strecken (d.h. ihm unbekannte Strecken)“, „stets alte Strecken (d.h. ihm bekannte Strecken)“ oder „teilweise neue und alte Strecken“ befuhr. Denn dieser Aspekt konnte Einfluss auf die Antworten der Befragten haben: Beispielsweise kann ein Tf, der immer die gleichen Strecken befährt, sich kaum vorstellen ohne Streckenkenntnis zu fahren, wohingegen dies für einen ständig neue Strecken fahrenden Tf durchaus vorstellbar sein kann. Denn er war dieser Situation eventuell schon öfter ausgesetzt. Weiterhin wurde durch die Erhebung dieser Störvariablen ermöglicht, zeitgleich zu untersuchen, wie häufig Tf nun tatsächlich ihnen unbekannte Strecken befahren.

Außerdem ist es möglich, dass für erfahrene Tf z.B. Streckenkenntnis nicht so bedeutend ist wie für weniger erfahrene Tf. Das Merkmal „Berufserfahrung“ wurde aus den beiden Merkmalen „Fahrleistung“ und „Tätigkeitsdauer“ gebildet. Mit dem Aspekt „Fahrleistung“ wurde erfasst, wie viele Stunden die Befragten durchschnittlich im Jahr fahren. Dabei wurden Einteilungen in „bis zu 150 Stunden“, „bis zu 500 Stunden“ und „bis zu 2000 Stunden“ im Jahr vorgenommen. Hinsichtlich der Tätigkeitsdauer wurde zwischen vier Kategorien unterschieden: „unter 1 Jahr“, „zwischen 1 und unter 5 Jahren“, „zwischen 5 und unter 10 Jahren“ und „10 Jahre oder mehr“. Aus den Kategorien beider Merkmale wurden die Kategorien der „Berufserfahrung“ gebildet, die sich in „wenig Erfahrung“, „mittlere Erfahrung“ und „viel Erfahrung“ unterteilen ließen. Die Zuordnung der Kategorien der Merkmale „Fahrleistung“ und „Tätigkeitsdauer“ zu den Kategorien der „Berufserfahrung“ ist Tabelle 9 zu entnehmen.

**Tabelle 9: Kategorisierung des Merkmals „Berufserfahrung“**

Kategorien der „Berufserfahrung“		
Wenig Erfahrung	Mittlere Erfahrung	Viel Erfahrung
„unter 1 Jahr“ als Tf tätig	„zwischen 1 und unter 5 Jahren“ als Tf tätig und „bis zu 2000 Stunden“	mindestens seit 5 Jahren als Tf tätig („zwischen 5 und unter 10 Jahren“ oder „10 Jahre oder mehr“) und „bis zu 2000 Stunden“
„zwischen 1 und unter 5 Jahren“ als Tf tätig und maximal 500 Stunden jährlich („bis zu 150 Stunden“ oder „bis zu 500 Stunden“)	mindestens seit 5 Jahren als Tf tätig („zwischen 5 und unter 10 Jahren“ oder „10 Jahre oder mehr“) und maximal 500 Stunden jährlich („bis zu 150 Stunden“ oder „bis zu 500 Stunden“)	

Bezüglich der „Verkehrsart“ wurden folgende Merkmale unterschieden: Güterverkehr, Personenfern- und Personennahverkehr, Sonderverkehr und Rangierbetrieb. Dabei war klar, dass z.B. im Personenverkehr tätige Tf ebenso Sonderverkehr fahren oder im Güterverkehr tätige Tf ebenfalls im Rangierdienst tätig sein können. Das Hauptaugenmerk lag vor allem auf Unterschiede zwischen Personen- oder Güterverkehr. Aus welchen Gründen es zu unterschiedlichen Meinungen zwischen Tf der unterschiedlichen Verkehrsarten kommen kann, wurde bereits im Kapitel 2.5.6 näher erläutert. Die Überlegungen bezüglich der Unterschiede lassen sich auch auf im Sonderverkehr oder Rangierbetrieb (dort dann eher „Bahnhofskenntnis“) tätige Tf übertragen.

Ebenfalls im Kapitel 2.5.6 wurde bereits erläutert, dass es Unterschiede bezüglich der Relevanz der Streckenkenntnis auf Haupt- oder Nebenbahnen geben kann. Für stets auf Nebenbahnen verkehrende Tf kann Streckenkenntnis eine andere Relevanz haben als für Tf, die immer auf Hauptbahnen fahren. Hinsichtlich der „Streckenart“ erfolgte eine Unterscheidung in „Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz“, „Hauptbahnen, die nicht zum Fern- und Ballungsnetz“ und „Nebenbahnen“. Somit wurde überprüft, ob diese Faktoren die Ergebnisse beeinflussten.

#### 4.2.2 Erhebungsinstrument

Die interessierenden Variablen wurden mithilfe eines Onlinefragebogens erfasst. Auf die Eignung (Vor- und Nachteile) der Anwendung dieses Verfahrens wurde bereits im Kapitel 3.2 ausführlich eingegangen.

Der Fragebogen wurde auf Basis der Streckenkenntnis-Richtlinie sowie in enger Abstimmung mit zwei Experten<sup>254</sup> entwickelt. Vor allem im Hinblick auf die unterschiedlichen Sichtweisen zum Thema

<sup>254</sup> Herr Carsten Hölscher und Herr Dr. Jörg May übernahmen bei der Entwicklung des Fragebogens eine beratende Funktion. Herr Hölscher beschäftigt sich im Rahmen seiner Tätigkeit als Entwickler der Simulation Zusi intensiv mit dem Thema „Betriebsdienst“ (Aus- und Fortbildung Tf). Herr Dr. May ist EBA-Gutachter für Schienenfahrzeuge und Triebfahrzeugführer.

Streckenkenntnis, die in den Gesprächen bei den Beobachtungsfahrten zum Vorschein kamen (siehe Kapitel 4.1.2), war ein Austausch mit den beiden Experten wichtig, um Missverständnissen im Fragebogen vorzubeugen.

Zunächst werden die Besonderheiten bei der Gestaltung und Entwicklung der Items erläutert. Bevor auf jede der 17 Frage-Antwort-Einheiten gesondert eingegangen wird, wird ein Überblick über die Themenbereiche des Fragebogens gegeben. Der Fragebogen ist im Anhang 1 zu finden.

### **4.2.2.1 Besonderheiten bei der Gestaltung und Entwicklung der Items**

Hinsichtlich der Darstellung der Fragen und Antwortmöglichkeiten fanden die Regelungen der in Kapitel 3.2.2 dargestellten Aspekte beim Erstellen eines Fragebogens ihre Anwendung. Im Folgenden werden die Besonderheiten bei den Fragen und den Antworten kurz dargelegt.

#### **Fragen**

In der Studie wurden vorwiegend geschlossene Fragen verwendet. Die Teilnehmer erhielten bei drei als offen deklarierten Fragen die Möglichkeit, sich durch eigene Anmerkungen einzubringen.

Bei mehreren Fragen wurden Matrixfragen genutzt, um den Umfang des Fragebogens und die Dauer der Bearbeitungszeit zu reduzieren. Dabei wurde darauf geachtet, nicht zu viele Items in einer Fragebatterie aufzuführen und somit Ermüdungserscheinungen zu vermeiden.

Auf zeitliche Bezüge wurde bei der Umfrage verzichtet, da für die Ergebnisse die Erfahrung über das gesamte Berufslauffeld interessant ist. Auf situative Bezüge wurde bis auf Frage 3 bei allen Fragen verzichtet („Sie müssen auf einer neuen Strecke fahren. Welche Variante bevorzugen Sie zum Erwerb der Streckenkenntnis und warum?“). Die Tf sollten sich bei Frage 3 in die Lage versetzen, dass sie eine neue, ihnen unbekannte Strecke befahren müssen. Darauf wird im Kapitel 4.2.2.3 bei der relevanten Frage näher eingegangen.

Bis auf bei den Fragen 4 und 5 wurden die Befragten direkt angesprochen. Bei den beiden Fragen 4 und 5 sollten sie die Situation in Bezug auf der in Deutschland tätigen Tf (und nicht ihre eigene) beurteilen (auch dies wird im Kapitel 4.2.2.3 näher begründet). Da die beiden Fragen jedoch zu einem eigenen Teilbereich zugeordnet werden können, stellt dieser Aspekt aus Sicht der Autorin kein Problem dar.

#### **Antworten**

Beim Fragebogen wurde sich bei den geschlossenen Fragen für die Verwendung von Likert-Skalen mit fünf Stufen entschieden, nachdem sich durch Rückmeldung der Experten beim Pretest sieben Stufen als zu komplex erwiesen und die Beantwortung schwer fiel. Jede Stufe wurde verbal verankert. Es wurde zudem darauf geachtet, dass die Antwortmöglichkeiten nicht der Frage widersprachen<sup>255</sup>. Es wurde sich für eine ungerade Anzahl an Antwortalternativen entschieden, da sich zum einen beim Pretest ergab, dass eine vierstufige Antwortmöglichkeit nicht ausreichend war. Zum anderen führen Skalen ohne Mitte gegebenenfalls zu erhöhten Messfehlern. Zwar bestand somit die Gefahr der „Tendenz zur Mitte“, jedoch wurde diesem mit der Möglichkeit, „keine Angabe“ zu machen, entgegengewirkt.

---

<sup>255</sup> Siehe dazu Kallus (2010), S. 39 f.

Das Angebot einer neutralen Antwortmöglichkeit mittels „keine Angabe“ war in dieser Datenerhebung wichtig, da durchaus einige Themen (z. B. Angabe der Häufigkeit des Fahrens ohne Streckenkenntnis) angesprochen wurden, welche aufgrund ihres spezifischen Inhalts einige Befragte nicht hätten beantworten wollen. Befragte können bei nicht vorhandener Möglichkeit der Auswahl „keine Angabe“ das Gefühl haben, zu einer Antwort gezwungen zu werden. Dies erhöht das Risiko, dass Teilnehmer nicht antworten oder die Befragung abbrechen. Dem wurde mittels des Auswahlfelds „keine Angabe“ versucht entgegenzuwirken.

### 4.2.2.2 Themenbereiche

Das vorliegende Kapitel beschreibt den aus insgesamt 17 Fragen bestehenden Fragebogen, der sich aus zwei Teilen zusammensetzt. Im ersten Teil wurden die Befragten hinsichtlich ihrer Meinung zum Thema Streckenkenntnis befragt und mit dem zweiten Teil wurden Daten zur Person in der Funktion des Tf erfasst. Mit Teil 1 wurden die in Kapitel 4.2.1.1 aufgeführten Variablen und mit Teil 2 die in Kapitel 4.2.1.2 erläuterten Störvariablen gemessen. Beim ersten Teil waren die Fragen nicht verpflichtend. Es bestand zudem die Möglichkeit, jederzeit „keine Angabe“ zu machen. Bei allen Fragen im zweiten Teil bis auf Frage 17, die zur Erfassung der E-Mailadresse diente, handelte es sich um im System deklarierte Pflichtfragen, da die Auswertung der Fragen 1 bis 11 bezogen auf die Antwortgruppen wichtig war und somit ein „Überlesen“ der Fragestellungen vermieden wurde.

Der erste Teil lässt sich in folgende Themenbereiche einteilen. In Klammern sind die Nummerierungen der Fragen im Fragebogen dargestellt:

- Möglichkeiten zum „Erwerb der Streckenkenntnis“ (Frage 1 bis 3)
- Eingeschränkte und keine Streckenkenntnis (Frage 4 und 5)
- Erlöschen der Streckenkenntnis (Frage 6 und 7)
- Art und Umfang des "Erwerbs der Streckenkenntnis" (Frage 8 und 9)
- Bedeutung der Streckenkenntnis in Abhängigkeit bestimmter Teilbereiche und Streckenarten (Frage 10 und 11)

Auf die Themenbereiche des ersten Teils wird nun eingegangen. Die Fragen des zweiten Teils zu den Angaben der Daten zur Person werden weiter unten im Kapitel 4.2.2.3 bei den Fragen 12 bis 17 vorgestellt.

#### **Möglichkeiten zum "Erwerb der Streckenkenntnis"**

Begonnen wurde mit der einfach gehaltenen Frage danach, wie die Befragten Streckenkenntnis erlangten. Hiermit sollten Kenntnisse über die derzeitige Lage bezüglich der Art und Weise des Streckenkenntniserwerbs in Deutschland gewonnen werden. Im ersten Themenkomplex galt es, das Interesse der Tf zu wecken. Insofern wurde als zweites nach der Bedeutung der Streckenkenntnis für den Tf gefragt. Anschließend hatte dieser die Möglichkeit seine Wahl zu begründen. Erhofft wurde sich durch die Anordnung der Fragen innerhalb dieses Themenbereichs, dass eine „Dramaturgie“ aufgebaut werden konnte und der Tf den Eindruck gewinnt mit der Abgabe seiner Meinung etwas bewirken zu können. Als Quelle der Fragen dieses Themenbereichs diente – wie bei fast allen anderen Themenbereichen – die VDV-Schrift 755. Die Streckenkenntnis-Richtlinie wurde bereits im Kapitel 2.1.2.3 erläutert. Für diesen Themenbereich war Abschnitt 3 der Richtlinie relevant.

### **Eingeschränkte und keine Streckenkenntnis**

Der zweite Themenkomplex behandelt den kritischeren Bereich „Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis“ und „Fahren ohne Streckenkenntnis“. Zwar sind diese Verfahrensweisen erlaubt, jedoch nur unter bestimmten Voraussetzungen. Die Anwendung der Verfahren soll nicht regelmäßig, sondern nur in Ausnahmefällen erfolgen. Die Basis für diesen Themenbereich bildete die VDV-Schrift 755, dort die Abschnitte 5 und 6. Erhofft wurde sich, mit diesem Themenbereich einen Eindruck bzw. Überblick darüber zu erhalten, wie oft mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis gefahren wird. Bestenfalls beurteilten die Befragten zusätzlich, warum es aus ihrer Sicht zu beiden Situationen kommen kann.

### **Erlöschen der Streckenkenntnis**

Im dritten Themenbereich wurde nach der Angemessenheit der Zeitdauer bis zum Erlöschen der Streckenkenntnis gefragt. In der VDV-Schrift 755 wird diesem Thema ein ganzer Abschnitt (Abschnitt 4) zugewiesen. Hierbei wird zwischen einfachen und nicht einfachen Betriebsverhältnissen unterschieden (wovon wiederum die Zeitdauer bis zum Erlöschen abhängig ist). Bewusst wurde auf den ersten Teil des vierten Abschnitts der VDV-Schrift 755 verzichtet (Erlöschen der Streckenkenntnis nach sechs Monaten), da den Tf-Teilnehmern des Pretest nicht bekannt war, dass Streckenkenntnis erlischt, wenn nach Ersterwerb innerhalb von sechs Monaten die Strecke nicht selbständig befahren wurde. Der 12monatige bzw. 24monatige Zeitraum war den Tf durchaus geläufiger. Aufgrund des Anspruchs, den Fragebogen möglichst übersichtlich und nicht zu umfangreich zu gestalten, wurde jener Teilaspekt als Sonderfall nicht erfragt. Des Weiteren wurde auf den dritten Teil des vierten Abschnitts der VDV-Schrift 755 verzichtet. Dieser besagte, dass sich der Tf mit an Strecken vorgenommenen Änderungen vertraut zu machen hat. Der Punkt ist nicht zeitabhängig und war deshalb bei dieser Fragestellung nicht relevant.

### **Art und Umfang des "Erwerbs der Streckenkenntnis"**

Die Bedeutung der in der VDV-Schrift 755 aufgeführten Aspekte der Anlage 1 „Arbeitshilfe zu Art und Umfang des Erwerbs der Streckenkenntnis“ wurde im vierten Teilbereich untersucht. Außerdem erhielt der befragte Tf die Gelegenheit, weitere ihm wichtige Teilaspekte zu benennen.

In der Anlage 1 der VDV-Schrift 755 sind wesentlich mehr Punkte aufgeführt, es wurde sich jedoch in enger Abstimmung mit den Experten dazu entschieden, die Anzahl der Aspekte im Fragebogen zu minimieren und auf das Wesentliche zu beschränken. Im Anhang 2 sind die nicht im Fragebogen aufgeführten Teilaspekte inklusive der Begründungen für das Nichtaufführen zu finden. Durch die Minimierung der Anzahl der Items sollte ein Abbruch des Fragebogens verhindert werden, da zu umfangreiche Matrixfragen schnell ermüdend wirken können.

### **Bedeutung der Streckenkenntnis in Abhängigkeit bestimmter Teilbereiche und Streckenarten**

Im fünften Themenbereich wurde die Bedeutung der Streckenart zum einen für verschiedene Bereiche, wie z.B. Güterverkehr oder Personennahverkehr, zum anderen für die unterschiedlichen Streckenarten (Haupt- oder Nebenbahnen) erfragt. Dieser Themenbereich wurde aufgrund der Ausführungen im Kapitel 2.5.6 aufgenommen.

### 4.2.2.3 Fragen

Im vorliegenden Kapitel wird jede einzelne Frage des Fragebogens vorgestellt und erläutert. Weiterhin werden die eingesetzten Antwortmöglichkeiten und Messskalen für jede Frage beschrieben. Somit werden die gesamten Frage-Antwort-Einheiten vorgestellt. Die Ausführungen stellen Ergänzungen bzw. Erläuterungen zum im Anhang 1 aufgeführten Onlinefragebogen dar.

#### Frage 1: „Wie erwerben Sie in der Regel die Streckenkenntnis bei einer neuen Strecke?“

Frage 1 und die jeweiligen Antwortmöglichkeiten sind im Bild 6 dargestellt.

##### 1. Wie erwerben Sie in der Regel die Streckenkenntnis bei einer neuen Strecke?

Hinweis: Sie finden nun sieben Arten von Möglichkeiten Streckenkenntnis zu erwerben. Bitte kreuzen Sie für jede Möglichkeit an, wie häufig Sie diese nutzen. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie diese Möglichkeit nie nutzen, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie diese Möglichkeit immer nutzen. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstufen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	nie	selten	ab und zu	oft	immer	Keine Angabe
Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person (Lotse)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mitfahren im Führerraum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Studium von Filmaufnahmen mit originalgetreuer Streckenabbildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Computerbasiertes Training (originalgetreue Streckenabbildung mit Hinweisen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simulatorfahrt mit originalgetreuer Streckenabbildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begehen der Infrastruktur (z.B. Anschlussbahn)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einsichtnahme in betriebliche Unterlagen (z.B. Örtliche Richtlinien)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 6: Frage 1 des Onlinefragebogens**

Bei der Frage 1 handelt es sich um den Fragetyp einer Bewertungstabelle mit sieben zu bewertenden Aspekten (= Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs). Diese konnten mit einer fünfstufigen Likert-Skala bewertet werden. Es handelt sich somit eine metrische Antwortskala. Dabei bestand zusätzlich stets die Möglichkeit, „keine Angabe“ zu machen, um bei eventuellen Unverständnis der Frage oder im Falle des Nichtantwortenwollens eines Befragten die Antworten nicht zu verzerren oder einen Abbruch der Befragung zu verhindern. Für jeden Aspekt bzw. Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs sollte der Befragte ankreuzen, wie häufig diese von ihm genutzt wird. Hierbei wurde ganz links mit der Antwortmöglichkeit „nie“ begonnen und ganz rechts mit „immer“ die Auswahlmöglichkeit beendet. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen wurde die Häufigkeit abgestuft.

Bis auf den Aspekt „Computerbasiertes Training (originale Streckenabbildung mit Hinweisen)“ handelt es sich um die Festlegungen der Art und Weise des Streckenerwerbs aus dem Abschnitt 3.2 der VDV-Schrift 755. Dort ist zwar vorgeschrieben, dass immer Einsicht in die betrieblichen Unterlagen zu nehmen ist. Dies wird im Fragebogen nicht unbedingt deutlich, da es sich hier um eine Aneinanderreihung aller Erwerbsmöglichkeiten handelt. Dazu wurde sich bewusst entschieden, um beurteilen zu

können, ob wirklich alle Tf dies auch tun. Die Berücksichtigung des Aspekts „CBT“ wurde bereits im Kapitel 4.1.2 begründet.

## Frage 2: Wie bewerten Sie die unterschiedlichen Erwerbsmöglichkeiten hinsichtlich der Streckenkenntnis einer neuen Strecke?

Die Frage-Antwort-Einheit 2 ist folgendem Bild zu entnehmen.

### 2. Wie bewerten Sie die unterschiedlichen Erwerbsmöglichkeiten hinsichtlich der Streckenkenntnis einer neuen Strecke?

Hinweis: Sie finden nun sieben Arten von Möglichkeiten Streckenkenntnis zu erwerben. Bitte kreuzen Sie für jede Möglichkeit an, wie geeignet Sie diese finden. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie diese Möglichkeit ungeeignet finden, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie diese Möglichkeit geeignet finden. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Eignung abstimmen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	ungeeignet	eher ungeeignet	weder ungeeignet noch geeignet	eher geeignet	geeignet	Keine Angabe
Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person (Lotse)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mitfahren im Führerraum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Studium von Filmaufnahmen mit originalgetreuer Streckenabbildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Computerbasiertes Training(originalgetreue Streckenabbildung mit Hinweisen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simulatorfahrt mit originalgetreuer Streckenabbildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begehen der Infrastruktur (z.B. Anschlussbahn)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einsichtnahme in betriebliche Unterlagen (z.B. Örtliche Richtlinien)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 7: Frage 2 des Onlinefragebogens**

Wie bei der Frage 1 handelt es sich bei der zweiten Frage ebenso um den Fragetyp einer Bewertungstabelle mit denselben sieben zu bewertenden Aspekten (gem. der VDV-Schrift 755, Abschnitt 3.2). Auch hier wurde zur Beantwortung die Likert-Skala mit fünf Abstufungen verwendet (metrisches Skalenniveau) mit der zusätzlichen Möglichkeit, „keine Angabe“ auszuwählen.

Da die Fragen 1 und 2 sehr ähnlich gestaltet sind und auch zusammen auf der ersten Seite der Onlineumfrage angezeigt wurden, war es wichtig, ein einheitliches Bewertungsschema zu verwenden. Formal besteht demnach kein Unterschied zu Frage 1. Inhaltlich wurde dieses Mal nicht nach der Häufigkeit, sondern nach der persönlichen Meinung bzw. Bewertung der Möglichkeiten der Strecke gefragt wird. Hierbei erhielt der Befragte die Auswahl zwischen den Ankreuzmöglichkeiten von „ungeeignet“ bis hin zu „geeignet“. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen erfolgte eine Abstufung der Meinung („eher ungeeignet“, „weder ungeeignet noch geeignet“ und „eher geeignet“).



### Frage 3: Sie müssen auf einer neuen Strecke fahren. Welche Variante bevorzugen Sie zum Erwerb der Streckenkenntnis und warum?

Frage 3 ergänzt die Fragen 1 und 2, indem bei dieser offenen Frage die Tf die Möglichkeit hatten, ihren persönlichen Wunsch nach der Art und Weise des Erwerbs der Streckenkenntnis zu äußern und diesen zu begründen. Hieraus erhoffte sich die Autorin zusätzliche Erkenntnisse, die essenziell für die Vorschläge zum weiteren Verfahren mit Streckenkenntnis in Deutschland sind. Zwar scheint die Frage ähnlich der Frage 2 zu sein. Allerdings wurde den Tf zusätzlicher Raum geboten, ihre Meinungen zu Frage 2 zu begründen und zu untermauern. Dazu wurde auch der situative Bezug „Sie müssen auf einer neuen Strecke fahren“ hergestellt, um den hypothetischen Charakter stärker hervorzuheben und die Frage von den anderen Fragen, die sich auf den Stand der Dinge und nicht auf Vorstellungen beziehen, deutlich abzugrenzen.

Um den Beantwortenden ausreichend Platz zum Antworten zu geben, handelt es sich bei dem Fragetyp um ein mehrzeiliges Antwortfeld. Die AV hat somit Nominalskalenniveau. Auch hier bestand die Möglichkeit die Frage nicht zu beantworten, da diese nicht als „Pflichtfrage“ deklariert wurde. Damit sollte ein frühzeitiger Abbruch des Fragebogens verhindert werden.

### Frage 4: Wie schätzen Sie die Häufigkeit folgender Situation in Deutschland ein? Triebfahrzeugführer fahren mit...

Bild 8 ist die Darstellung der Frage 4 inklusive der Antwortmöglichkeiten im Onlinefragebogen zu entnehmen. Die zwei zu bewertenden Aspekte lauteten hierbei: „...eingeschränkter Streckenkenntnis“ und „...ohne Streckenkenntnis“.

4. Wie schätzen Sie die Häufigkeit folgender Situation in Deutschland ein? Triebfahrzeugführer fahren mit...

Hinweis: Sie finden nun zwei aufgeführte Situationen. Bitte kreuzen Sie für jede Situation an, wie häufig diese aus Ihrer Sicht auftritt. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass diese Situation nie auftritt, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass sie diese Situation immer auftritt. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstufen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	nie	selten	ab und zu	oft	Immer	Keine Angabe
...eingeschränkter Streckenkenntnis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...ohne Streckenkenntnis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 8: Frage 4 des Onlinefragebogens**

Bei der geschlossenen Frage handelt es sich wiederum um den Fragetyp mit einer Bewertungstabelle und um eine fünfstufige Antwortmöglichkeit mittels der Likert-Skala (metrisches Skalenniveau). Wie bei Frage 1 wird auch hier nach der Häufigkeit gefragt. Daher wurde bei Frage 4 das gleiche Antwortschema gewählt: Es gab die Ankreuzmöglichkeiten von „nie“ bis „immer“ mit dem zusätzlichen Auswahlfeld „keine Angabe“. Letztere Möglichkeit war hier äußerst wichtig, da es sich (wie in Kapitel 4.2.2.2 erläutert) um einen besonders kritischen Bereich handelt (Graubereich). Es wurde vermutet, dass häufiger auch ohne Streckenkenntnis gefahren wird. Daher handelt es sich um eine sensible Frage aus Sicht der Tf. Es bestand die Gefahr, dass die Beantwortenden die Umfrage abbrachen oder diese Frage falsch beantworteten. Auch wenn die Umfrage anonym war, hätte dennoch ein gewisser Druck auf den Tf lasten können. Aus diesen Überlegungen heraus, wurde sich bei der vierten Frage dazu entschieden, auf die direkte Anrede des Befragten zu verzichten und ausnahmsweise zu verallgemeinern. Somit wird vom angewendeten Schema der direkten Anrede innerhalb der Fragestellungen abgewichen.

### Frage 5: Aus welchem Grund kommt es aus Ihrer Sicht zu dem Fall, dass Triebfahrzeugführer mit eingeschränkter beziehungsweise ohne Streckenkenntnis fahren?

Das Frage-Antwort-Schema ist Bild 9 zu entnehmen.

5. Aus welchem Grund kommt es aus Ihrer Sicht zu dem Fall, dass Triebfahrzeugführer mit eingeschränkter beziehungsweise ohne Streckenkenntnis fahren?

Hinweis: Mehrfachnennungen sind möglich

☐ aus zeitlichem Grund

☐ aus wirtschaftlichem Grund

☐ aus organisatorischem Grund

☐ keine Angabe

☐ Sonstiges

**Bild 9: Frage 5 des Onlinefragebogens**

Die fünfte Frage erweitert den Themenbereich „Eingeschränkte und keine Streckenkenntnis“ dahingehend, dass nach dem Grund des Fahrens mit diesen Ausnahmefällen gefragt wurde. Daher wird auch hier – es handelt sich schließlich um einen sensiblen Fragenbereich – auf die direkte Anrede der Befragten in der Fragestellung verzichtet (siehe dazu Erläuterungen zu Frage 4).

Bei dieser Frage handelt es sich um den Fragetyp „Mehrfachauswahl mit optionalem Textfeld“. Die AV ist nominalskaliert. Neben den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten „aus zeitlichem Grund“, „aus wirtschaftlichem Grund“ und „aus organisatorischem Grund“ wurde sich vor allem durch das optionale Textfeld „Sonstiges“ viel erhofft. Die befragten Tf hatten die Möglichkeit, ihre Vermutungen zu äußern und dadurch weitere Anregungen zu geben. Zusätzlich bestand die Möglichkeit „keine Angabe“ zu machen.

### Frage 6: Gemäß der VDV-Schrift 755 erlischt die Streckenkenntnis einer bereits selbständig befahrenden Strecke bei nicht einfachen Betriebsverhältnissen innerhalb von 12 Monaten, wenn diese nicht selbständig befahren worden ist. Halten Sie diesen Zeitraum für angemessen?

Bild 10 ist die Frage-Antwort-Einheit 6 zu entnehmen.

6. Gemäß der VDV-Schrift 755 erlischt die Streckenkenntnis einer bereits selbständig befahrenden Strecke bei nicht einfachen Betriebsverhältnissen innerhalb von 12 Monaten, wenn diese nicht selbständig befahren worden ist. Halten Sie diesen Zeitraum für angemessen?

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

☐ ja, ok

☐ nein, man sollte länger fahren dürfen

☐ nein, man sollte nicht so lang fahren dürfen

☐ keine Angabe

**Bild 10: Frage 6 des Onlinefragebogens**

Der Fragetyp „Einfachauswahl, aufgelistet“ wird bei der sechsten Frage angewendet. Der Fragetyp ist hierfür gut geeignet, da ein einfacher und kurzer Einblick darüber erhalten werden sollte, ob die Tf den Zeitraum für angemessen (Auswahl der Antwort „ja, ok“), für zu kurz (Auswahl der Antwort „nein, man sollte länger fahren dürfen“ oder für zu lang (Auswahl der Antwort „nein, man sollte nicht so lang fahren dürfen“) hielten. Es handelt sich wieder um eine nominalskalierte Variable. Für diejenigen Beantwortenden, die dazu keine Meinung hatten oder denen die Entscheidung schwer fiel, stand wiederum die Möglichkeit „keine Angabe“ zur Verfügung.

**Frage 7: Gemäß der VDV-Schrift 755 erlischt die Streckenkenntnis einer bereits selbständig befahrenden Strecke bei einfachen Betriebsverhältnissen innerhalb von 24 Monaten, wenn diese nicht selbständig befahren worden ist. Halten Sie diesen Zeitraum für angemessen?**

Bild 11 ist die Darstellung der Frage 7 inklusive der Antwortmöglichkeiten im Onlinefragebogen zu entnehmen.

7. **Gemäß der VDV-Schrift 755 erlischt die Streckenkenntnis einer bereits selbständig befahrenden Strecke bei einfachen Betriebsverhältnissen innerhalb von 24 Monaten, wenn diese nicht selbständig befahren worden ist. Halten Sie diesen Zeitraum für angemessen?**

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

- ☐ ja, ok
- ☐ nein, man sollte länger fahren dürfen
- ☐ nein, man sollte nicht so lang fahren dürfen
- ☐ keine Angabe

**Bild 11: Frage 7 des Onlinefragebogens**

Frage 7 unterscheidet sich lediglich in der Zeitdauer und der Art des Schwierigkeitsgrades der Strecke von Frage 6. Daher sind hier alle Beschreibungen, sowohl zu der Frage als auch zu den Antwortmöglichkeiten, identisch zu den Beschreibungen bei Frage 6.

**Frage 8: Wie wichtig ist Ihnen Streckenkenntnis bezogen auf folgende Teilaspekte?**

Die Frage 8 inklusive aller zu bewertenden Aspekte ist in Bild 12 dargestellt.

**8. Wie wichtig ist Ihnen Streckenkenntnis bezogen auf folgende Teilaspekte?**

Hinweis: Sie finden nun 14 Teilaspekte, die gem. der VDV-Schrift 755 beim Streckenerkennniserwerb eine Rolle spielen können. Bitte kreuzen Sie für jeden Teilaspekt an, wie wichtig oder unwichtig Ihnen Streckenkenntnis für diesen Teilaspekt ist. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie für diesen Teilaspekt Streckenkenntnis unwichtig finden, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie für diesen Teilaspekt Streckenkenntnis wichtig finden. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Wichtigkeit abstufen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	unwichtig	eher unwichtig	weder unwichtig noch wichtig	eher wichtig	wichtig	Keine Angabe
Standorte und Bauarten der Signale (Zuordnung zum Gleis, abweichende Standorte, Erkennbarkeit)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verkürzte Vorsignalabstände	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ende des anschließenden Weichenbereichs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Richtungsanzeiger (Zs 2)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Topografische Verhältnisse der Strecke (z.B. energiesparende Fahrweise, Neigungen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Umleiten unter erleichterten Bedingungen (ehemals „Streckenwechsel“)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Streckengeschwindigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Information über Zugfunk (Umstellung auf GSM-R beachten; Kurzwahl FdI)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Information über Ortsfunk (Umstellung auf GSM-R beachten; Kurzwahl FdI)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Besonderheiten der Betriebsstellen (z.B. ortsfeste Zp 9, örtl. Aufsichten, Zugschlussmeldung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewöhnlicher Halteplatz des Zuges (Haltepunkte, Bahnhöfe)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geschwindigkeitswechsel ohne Signalisierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nicht technisch gesicherte Bahnübergänge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Heizverbote, Schutz- und / oder „Bügel-ab“-Strecken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 12: Frage 8 des Onlinefragebogens**

Bei Frage 8 wird der Fragetyp „Bewertungstabelle“ und als Beantwortungsschema eine fünfstufige Likert-Skala verwendet (Skalierung: Metrisch). Bei 14 aufgeführten Teilaspekten sollten die Befragten ihre Meinung von „unwichtig“ bis zu „wichtig“ äußern. Die Auswahlmöglichkeiten dazwischen ermöglichen wieder eine Abstufung der Meinung. Wiederum bestand die Möglichkeit „keine Angabe“ zu machen. Das war notwendig, da eventuell nicht alle der VDV-Schrift 755 entnommenen Teilaspekte für die Tf eindeutig waren. Falls der Tf der Meinung war, dass z.B. ein Aspekt bereits in einem anderen enthalten oder er sich nicht gänzlich im Klaren über den Inhalt war, konnte er sich der Meinung enthalten.

Bei dieser Frage handelte es sich – neben den Fragen 4 und 5 – um diejenige mit der höchsten Abbruchgefahr. Denn die Frage ist sehr umfangreich und der Befragte hätte das Interesse verlieren

können. Daher wurde bereits im Teilbereich „Art und Umfang des "Erwerbs der Streckenkenntnis"" detailliert im Kapitel 4.2.2.2 erläutert, mit welchen Begründungen diese Aspekte auf die Anzahl von 14 reduziert worden sind.

**Frage 9: In der vorhergehenden Frage wurden Punkte genannt, die in der VDV-Schrift 755 aufgeführt sind. Gibt es Ergänzungen Ihrerseits zu zusätzlichen Punkten, die für Sie wichtig hinsichtlich der Streckenkenntnis sind? Wenn ja, welche?**

Mit dieser offenen Frage erhielten die Tf die Möglichkeit, zusätzliche, nicht mit Frage 8 erfasste Teilaspekte zu ergänzen. Dadurch wurde gehofft, die Teilaspekte der Anlage 1 der VDV-Schrift 755 um weitere Teilaspekte ergänzen zu können. Außerdem konnte sich ergeben, dass einer der in Anlage 1 enthaltenen, aber nicht in der Frage 8 aufgeführten Aspekte, sich dennoch als wichtig erwies. Damit ausreichend Raum für die Antwort oder auch Antworten gegeben wurde, handelt es sich bei diesem Fragetyp wiederum um ein mehrzeiliges Eingabefeld, das aber nicht verpflichtend auszufüllen war. Es bestand die Möglichkeit, diese Frage unbeantwortet zu lassen und somit zu überspringen. Bei der Antwortskala handelt es sich um eine nominalskalierte.

**Frage 10: Wie wichtig ist Ihnen Streckenkenntnis in folgenden Bereichen?**

Frage 10 und die jeweiligen Antwortmöglichkeiten sind im Bild 13 dargestellt.

10. Wie wichtig ist Ihnen Streckenkenntnis in folgenden Bereichen?

Hinweis: Sie finden nun fünf Arten von Bereichen. Bitte kreuzen Sie für jeden Bereich an, wie wichtig oder unwichtig Ihnen Streckenkenntnis für diesen Bereich ist. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie für diesen Bereich Streckenkenntnis unwichtig finden, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie für diesen Bereich Streckenkenntnis wichtig finden. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Wichtigkeit abstufen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	unwichtig	eher unwichtig	weder unwichtig noch wichtig	eher wichtig	wichtig	keine Angabe
Güterverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personenfernverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personennahverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonderverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rangierbetrieb (Bahnhofskenntnis)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 13: Frage 10 des Onlinefragebogens**

Auch bei Frage 10 wurde sich für das Schema „Befragungstabelle“ und fünf Antwortstufen mittels der Likert-Skala entschieden (metrisches Skalenniveau). Da nach der Bedeutung gefragt wurde, konnten die Befragten ein Kreuz von „unwichtig“ bis „wichtig“ mit den dazwischen enthaltenen Abstufungsmöglichkeiten setzen. Wenn sie einen Bereich nicht beurteilen wollten oder konnten (weil die Tf z.B. innerhalb dieses Bereichs nie gefahren sind), erhielten die Befragten die Möglichkeit, „keine Angabe“ zu machen.

Mithilfe dieser Frage wurde beurteilt, ob aus Sicht der Tf in bestimmten Bereichen der Verkehrsarten Streckenkenntnis wichtiger als in anderen ist. Daher wurden die fünf mit den Experten abgestimmten Teilaspekte „Güterverkehr“, „Personenfernverkehr“, „Personennahverkehr“, „Sonderverkehr“ und „Rangierbetrieb (Bahnhofskenntnis)“ bewertet. Für den letzten Teilaspekt wurde sich bewusst entschieden. Zwar bezog sich der gesamte Fragebogen thematisch auf Streckenkenntnis, jedoch spielt die Bahnhofskenntnis vermutlich keine unerhebliche Rolle für den Tf. Die Bedeutung der Bahnhofskenntnis für den Tf wurde demnach ebenfalls an dieser Stelle durch den Fragebogen erfasst.

### Frage 11: Wie wichtig ist Ihnen Streckenkenntnis auf folgenden Strecke

Die Frage-Antwort-Einheit 11 ist folgendem Bild zu entnehmen.

#### 11. Wie wichtig ist Ihnen Streckenkenntnis auf folgenden Strecken?

Hinweis: Sie finden nun drei Arten von Strecken. Bitte kreuzen Sie für jede Strecke an, wie wichtig oder unwichtig Ihnen Streckenkenntnis für diese Streckenart ist. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie für diese Strecke Streckenkenntnis unwichtig finden, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie für diese Strecke Streckenkenntnis wichtig finden. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Wichtigkeit abstimmen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	unwichtig	eher unwichtig	weder unwichtig noch wichtig	eher wichtig	wichtig	Keine Angabe
Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz gehören	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hauptbahnen, die nicht zum Fern- und Ballungsnetz gehören	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nebenbahnen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 14: Frage 11 des Onlinefragebogens**

Auch Frage 11 ist nahezu identisch zu Frage 10, sie unterscheidet sich lediglich hinsichtlich der erfragten Aspekte. Denn bei Frage 11 wurde nicht nach der Bewertung bestimmter Bereiche, sondern nach bestimmten Strecken gefragt. Hierbei gab es folgende drei zu beurteilende Aspekte, die zusammen mit den Experten erarbeitet worden sind: „Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz gehören“, „Hauptbahnen, die nicht zum Fern- und Ballungsnetz gehören“ und „Nebenbahnen“.

Alle weiteren Beschreibungen, sowohl zu der Frage als auch zu den Antwortmöglichkeiten, sind analog zu den Beschreibungen bei Frage 10.

### Frage 12: Welche Strecken fahren Sie häufiger?

Bild 15 die Darstellung der Frage 12 inklusive der Antwortmöglichkeiten im Onlinefragebogen zu entnehmen.

#### 12. Welche Strecken fahren Sie häufiger? \*

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

☐ bereits selbständig befahrene Strecken (d.h. Ihnen bekannte Strecken)

☐ teils, teils

☐ noch nie selbständig befahrene Strecken (d.h. neue Strecken)

**Bild 15: Frage 12 des Onlinefragebogens**

Bei der geschlossenen Frage handelt es sich um den Fragetyp „Einfachauswahl, aufgelistet“. Somit war ein schnelles und eindeutiges Antworten möglich. Es bestanden die drei Auswahlmöglichkeiten „bereits selbständig befahrene Strecken (d.h. Ihnen bekannte Strecken)“, „teils, teils“ und „noch nie selbständig befahrene Strecken (d.h. neue Strecken)“. Damit galt es, bei der Auswertung zu untersuchen, ob immer die gleichen Strecken befahrende Tf (die somit stets über Streckenkenntnis verfügen und selten Streckenkenntnis neu erwerben müssen) die Bedeutung von Streckenkenntnis anders einschätzten als Tf, die immer neue, ihnen unbekannte Strecken befahren.

### Frage 13: Wie viele Stunden fahren sie durchschnittlich im Jahr?

Das Frage-Antwort-Schema ist Bild 16 zu entnehmen.

13. **Wie viele Stunden fahren Sie durchschnittlich im Jahr? \***

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

Diese Frage dient der groben Einteilung um z.B. erfassen zu können, ob es sich um eine Neben- oder hauptberufliche Tätigkeit handelt.

- ☐ bis zu 150 Stunden
- ☐ bis zu 500 Stunden
- ☐ bis zu 2000 Stunden
- ☐ keine Angabe

#### Bild 16: Frage 13 des Onlinefragebogens

Auch hier wurde bei der geschlossenen Frage der Fragetyp „Einfachauswahl, aufgelistet“ verwendet, um ein schnelles und eindeutiges Antworten zu ermöglichen. Hierbei konnte der Befragte zwischen den Antworten „bis zu 150 Stunden“, „bis zu 500 Stunden“ und „bis zu 2000 Stunden“ wählen. Da diese Frage dem Tf als sehr persönlich erscheinen konnte, er aber deswegen die Beantwortung des Fragebogens nicht abbrechen sollte, hatte er die Möglichkeit „keine Angabe“ zu machen. Das bedeutet, dass das Deklarieren der Frage als Pflichtfrage im System die Funktion innehatte, dass der Befragte sich bewusst entscheiden musste und die Frage nicht versehentlich übergang.

### Frage 14: Wie lang sind sie schon als Triebfahrzeugführer tätig?

Die Darstellung der Frage 14 und deren Antwortmöglichkeiten ist Bild 17 zu entnehmen.

14. **Wie lange sind Sie schon als Triebfahrzeugführer tätig? \***

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

- ☐ unter 1 Jahr
- ☐ zwischen 1 und unter 5 Jahren
- ☐ zwischen 5 und unter 10 Jahren
- ☐ 10 Jahre oder mehr
- ☐ keine Angabe

#### Bild 17: Frage 14 des Onlinefragebogens

Frage 14 hängt eng mit Frage 13 zusammen, denn auch hiermit soll die Abhängigkeit der Erfahrung des Tf von der Meinung zur Streckenkenntnis untersucht werden können.

Daher wurde der Fragetyp „Einfachauswahl, aufgelistet“ verwendet mit folgenden Antwortmöglichkeiten: „unter 1 Jahr“ (d.h. wenig erfahren), „zwischen 1 und unter 5 Jahren“ (etwas erfahrener), „zwischen 5 und unter 10 Jahren“ (erfahren) und „10 Jahre oder mehr“ (sehr erfahren). Damit es zu keinem Abbruch der Beantwortung des Fragebogens bei dieser persönlichen Pflichtfrage kam, war auch hier die Möglichkeit gegeben, „keine Angabe“ auszuwählen. Das heißt, der Tf hatte eine bewusste Auswahl dahingehend zu treffen, ob er eine Angabe machte oder nicht.

### Frage 15: Wie häufig fahren Sie in folgenden Bereichen?

Frage 15 und die jeweiligen Antwortmöglichkeiten sind im Bild 18 dargestellt.

#### 15. Wie häufig fahren Sie in folgenden Bereichen? \*

Hinweis: Sie finden nun fünf Arten von Bereichen. Bitte kreuzen Sie für jeden Bereich an, wie häufig Sie diesen befahren. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie diesen Bereich nie befahren, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie diesen Bereich immer befahren. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstimmen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	nie	selten	ab und zu	oft	immer	keine Angabe
Güterverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personenfernverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personennahverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonderverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rangierbetrieb (Bahnhofskenntnis)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 18: Frage 15 des Onlinefragebogens**

Bei Frage 15 handelt es sich um den Fragetyp „Bewertungstabelle“ mit den fünf Antwortstufen mittels der Likert-Skala und somit um ein metrisches Skalenniveau. Die Befragten konnten zwischen den Antwortstufen „nie“, „selten“, „ab und zu“, „oft“ und „immer“ auswählen. Ebenfalls bestand hier die Möglichkeit „keine Angabe“ zu machen. Die Hinterlegung der Frage als Pflichtfrage im System diente dazu, die Frage nicht versehentlich zu übergehen. Es wurde sich gegen eine Auflistung durch Einfach- oder Mehrfachauswahl entschieden, da es zum einen möglich sein konnte, dass ein Tf in unterschiedlichen Bereichen tätig war und zum anderen dann auch häufiger in einem als in den anderen Bereich eingesetzt wurde. Zu den unterschiedlichen Bereichen zählten die gleichen wie in Frage 10: Güterverkehr, Personenfernverkehr, Personennahverkehr, Sonderverkehr und Rangierbetrieb.

### Frage 16: Wie häufig fahren Sie auf folgenden Strecken?

Die Frage-Antwort-Einheit 16 ist folgendem Bild zu entnehmen.

#### 16. Wie häufig fahren Sie auf folgenden Strecken? \*

Hinweis: Sie finden nun drei Arten von Strecken. Bitte kreuzen Sie für jede Strecke an, wie häufig Sie diese befahren. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie diese Strecke nie befahren, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie diese Strecke immer befahren. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstimmen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	nie	selten	ab und zu	oft	immer	keine Angabe
Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz gehören	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hauptbahnen, die nicht zum Fern- und Ballungsnetz gehören	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nebenbahnen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Bild 19: Frage 16 des Onlinefragebogens**

Frage 16 ist nahezu identisch zu Frage 15 (analog zu den Fragen 11 und 10), sie unterscheidet sich lediglich hinsichtlich der erfragten Aspekte. Denn bei Frage 16 war nicht die Angabe der Häufigkeit bestimmter Bereiche, sondern bestimmter Strecken erforderlich. Hierbei galt es wieder, Angaben zu den gleichen Strecken wie bei Frage 11 zu machen: Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz gehören, Hauptbahnen, die nicht zum Fern- und Ballungsnetz gehören und Nebenbahnen.



Alle weiteren Beschreibungen, sowohl zu der Frage als auch zu den Antwortmöglichkeiten, sind hier identisch zu den Beschreibungen bei Frage 15.

**Frage 17: Sie haben abschließend die Möglichkeit, Ihre E-Mailadresse anzugeben. Damit erlauben Sie mir, für eventuelle Rückfragen bei weiter auftretenden Fragen zur Verfügung zu stehen bzw. Sie erhalten die Möglichkeit, nach Ende und Auswertung der Umfrage das Ergebnis zu erhalten.**

Bei dieser Frage handelt es sich um keine Pflichtfrage. Jeder Befragte konnte selbst entscheiden, ob er die E-Mailadresse angab oder nicht. Es handelt sich um den Fragetyp „Mehrzeiliges Eingabefeld“, um gegebenenfalls nicht nur die E-Mailadresse zu hinterlassen, sondern auch weitere Anmerkungen machen zu können.

### 4.2.3 Umfrageteilnehmer

In diesem Kapitel wird zunächst auf die Grundgesamtheit und deren Merkmalsverteilung eingegangen. Danach erfolgt die Beschreibung der Methode zur Stichprobenauswahl und der Art und Weise des Anwerbens der Umfrageteilnehmer.

#### 4.2.3.1 Grundgesamtheit

Zum Ende des Jahres 2014 gab es in Deutschland 27722 beschäftigte Schienenfahrzeugführer<sup>256</sup> und ungefähr 5000 als Tf tätige Beamte<sup>257</sup>. Gemäß Bundesagentur für Arbeit (2016)<sup>258</sup> stellen Schienenfahrzeugführer „[...] je nach erworbener Berechtigung unterschiedliche schienengebundene Fahrzeuge zusammen und bedienen bzw. führen diese.“ Schienenfahrzeugführer sind in Betrieben des Eisenbahnverkehrs als auch in der Personenbeförderung mit Stadtschnellbahnen, U-Bahnen und Straßenbahnen beschäftigt. Zwar werden nach Aussage des VDV<sup>259</sup> mehr als die insgesamt 32722 Tf in Deutschland vermutet, jedoch lässt sich diese Zahl schwer einschätzen.

Da keine aktuelleren Zahlen vorliegen und die beschäftigten Schienenfahrzeugführer nicht weiter nach z.B. Schienenfahrzeugführer im Stadtverkehr differenziert worden sind, wird in der vorliegenden Arbeit von insgesamt 32722 in Deutschland tätigen Tf ausgegangen<sup>260</sup>. Im Folgenden wird die Struktur der 27722 sozialversicherungspflichtigen Schienenfahrzeugführer beschrieben. Über die Struktur der als Tf tätigen Beamten liegen keine weiteren Kenntnisse vor.

Am Ende des Jahres 2014 wiesen 5,6 % der sozialversicherungspflichtig beschäftigten Schienenfahrzeugführer ein Alter von unter 25 Jahren auf.<sup>261</sup> 78,4 % der sozialversicherungspflichtig beschäftigten Schienenfahrzeugführer wurden der Altersgruppe der 25- bis unter 55-Jährigen zugeordnet. 15,7 % waren zwischen 55 und bis unter 65 Jahre alt. Der Anteil der ab 65-Jährigen belief sich auf 0,2 %.

---

<sup>256</sup> Vgl. Statista GmbH (2016a), o. S.

<sup>257</sup> Vgl. Bundesamt für Güterverkehr (2015), S. 30.

<sup>258</sup> Vgl. Bundesagentur für Arbeit (2016), o. S.

<sup>259</sup> Vgl. Walther (2016b), o.S.

<sup>260</sup> Zwar hat die Gewerkschaft der Lokführer (GDL) ca. 34000 Mitglieder, jedoch beinhaltet diese Zahl nicht nur Tf, sondern auch Zugbegleiter der Bahn und des öffentlichen Personennahverkehrs. Außerdem sind nicht alle Tf Mitglieder der GDL [Quelle: GDL (o. J.), o. S.]. Daher wurde sich für die Grundgesamtheit auf Basis der Statista GmbH entschieden.

<sup>261</sup> Vgl. Statista GmbH (2016b), o. S.

Zuletzt wiesen ca. 82 % eine wöchentliche Arbeitszeit von mindestens 36 Stunden auf<sup>262</sup>. Angaben zu den verbleibenden 18 % konnten nicht gefunden werden. Lediglich die Einteilung nach Haupt- und Teilzeit wurden in Bundesamt für Güterverkehr (2015) vorgenommen.<sup>263</sup> Demnach waren Ende des Jahres 2014 96,6 % der sozialversicherungspflichtig beschäftigten Fahrzeugführer im Eisenbahnverkehr in Vollzeit und nur 3,4 % in Teilzeit tätig.

Der Anteil der Frauen an den sozialversicherungspflichtigen Tf betrug Ende des Jahres 2014 nur 3,6 %.<sup>264</sup>

##### **4.2.3.2 Methode der Stichprobenauswahl**

Die Ziehung einer Stichprobe, die ein verkleinertes Abbild dieser Grundgesamtheit darstellt und daher eine vollständige Repräsentativität erlaubt, war nicht möglich. Denn die Autorin der vorliegenden Arbeit verfügte über kein Verzeichnis mit Kontaktdaten aller Tf in Deutschland. Die Auswahl der Umfrageteilnehmer erfolgte daher durch das Schneeballverfahren. Durch dieses Vorgehen wurde sich erhofft, eine große Anzahl an Teilnehmern für die Datenerhebung zu gewinnen. In Anbetracht der Rahmenbedingungen und der vermuteten erhöhten Sensibilität von Tf in Bezug auf ihre Meinung zum Thema „Streckenkenntnis“ schien das Schneeballverfahren das am besten geeignete Verfahren zu sein.

Im Folgenden wird beschrieben, wie diese Stichprobe erreicht werden konnte und wie das Schneeballverfahren konkret angewendet wurde.

##### **4.2.3.3 Art und Weise des Anwerbens**

Es wurde ein Onlinefragebogen erstellt und der Link zur Umfrage inklusive eines Passwortes<sup>265</sup> per E-Mail versendet. Den Startpunkt des Schneeballverfahrens stellten zunächst die beiden Experten dar, welche die Einladungen zur Umfrage an möglichst viele geeignete Personen verteilten. Zu den „geeigneten“ Personen zählten hier sowohl Tf als auch Eisenbahnbetriebsleiter, die wiederum gebeten wurden, die E-Mail mit der Einladung an weitere Tf weiterzuleiten. Bereits im Vorfeld wurden einige der EBL über die Durchführung der Onlinebefragung in Kenntnis gesetzt. Außerdem dienten weitere Personen mit unterschiedlicher Reichweite – wie z.B. Ansprechpartner beim VDV, weitere Tf oder EBL – als zusätzlicher Ausgangspunkt, um möglichst viele Teilnehmer zu gewinnen. Die Einladung zur Befragung wurde dazu von diesen Personen ebenfalls per E-Mail inklusive des Links zur Umfrage mit Passwort verbreitet. Des Weiteren wurde der Umfragelink inklusive des Passworts in verschiedenen Tf-internen Internetportalen veröffentlicht (ohne E-Mailanschriften).

Der E-Mail mit dem Link auf den Fragebogen lag ein Anschreiben bei. Dieses Anschreiben ist im Anhang 3 enthalten. Da die Möglichkeit bestand, dass der Umfragelink auch ohne E-Mail an weitere Tf oder EBL jederzeit weiterverteilt werden konnte, und da der Link inklusive Passwort in verschiedenen Tf-Internetportalen veröffentlicht wurde, entschied sich die Autorin dazu, nach Aufruf des Umfragelinks und Eingabe des Passwortes nochmals ein dem Anschreiben ähnlichen Informationstext anzu-

---

<sup>262</sup> Vgl. Bundesamt für Güterverkehr (2015), S. 4.

<sup>263</sup> Vgl. Bundesamt für Güterverkehr (2015), S. 31.

<sup>264</sup> Vgl. Statista GmbH (2016c), o. S.

<sup>265</sup> Durch die Verwendung eines Passwortes, konnten nur Personen an der Umfrage teilnehmen, die über den Link und das Passwort verfügten. Durch das Verwenden eines Passwortes sollte die Ernsthaftigkeit und Seriosität der Umfrage hervorgehoben werden.

zeigen, bevor die eigentliche Umfrage startete. Dieser Informationstext ist ebenfalls im Anhang dargestellt (siehe Anhang 1: Erste Seite des Fragebogens).

Um die Teilnahmebereitschaft zu erhöhen, wurde in der E-Mail bzw. im Informationstext die Motivation der Absenderin der E-Mail zur Durchführung der Untersuchung erläutert. Außerdem wurde die Absenderin zugleich als Ansprechpartnerin für Fragen und Probleme benannt. Auch die Bearbeitungsdauer von etwa zwölf Minuten (zur Berechnung siehe Kapitel 3.2.2.2) und der Zweck der Befragung wurden aufgeführt. Darüber hinaus fand sich in der E-Mail bzw. im Informationstext eine Zusage, dass die erhobenen Daten vertraulich behandelt werden. Abschließend wurde den Befragten das Zusenden der zentralen Ergebnisse nach Auswertung der Daten angeboten. Dazu konnten die Tf ihre E-Mail-Adressen hinterlassen. Es sei bereits schon an dieser Stelle erwähnt, dass dieses Angebot, das als Anreiz zur Teilnahme gelten sollte, von 39 % der Antwortenden angenommen worden ist. Auf einen Hinweis mit dem Umgang von Unterbrechungen wurde verzichtet, um das Anschreiben mit Informationstext nicht zu lang zu gestalten und es übersichtlich zu halten.

### 4.2.3.4 Rücklauf der Fragebogen

Insgesamt schlossen 559 Tf die Beantwortung des Fragebogens ab. Hierzu zählten die „Complete Responder“, die alle Fragen beantworteten, und die „Item-Nonresponder“, die den gesamten Fragebogen bearbeiteten, dabei allerdings die eine oder andere Frage unbeantwortet ließen. Zum Rücklauf werden üblicherweise nicht die „Lurker“, die sich zwar den Fragebogen komplett anschauen, aber keine Frage beantworten, sowie die „Answering Drop-out“, die nach der Beantwortung einiger Fragen aussteigen, gezählt<sup>266</sup>. Die Anzahl der Lurker wurde nicht erfasst. Die Zahl der „Answering Drop-out“ belief sich auf 41 Personen. Dabei brachen die meisten Befragten die Beantwortung des Fragebogens bei Frage 8 (Matrixfrage mit 14 Aspekten) ab. Wie viele Tf mit dem Aufruf zur Teilnahme an der Onlinebefragung erreicht werden konnten, ist bei einem Schneeballverfahren nicht nachvollziehbar. Daher wurde keine Rücklaufquote berechnet. Die Verteilung der Merkmale der Befragungsteilnehmer wird in Kapitel 4.3.1 der vorliegenden Arbeit dargestellt.

## 4.2.4 Durchführung

Die Onlinebefragung wurde mithilfe der Befragungssoftware „UmfrageOnline“ der Firma enuvo GmbH<sup>267</sup> durchgeführt. Im Folgenden wird sowohl kurz auf den Umfragezeitraum und die -bedingungen als auch auf den durchgeführten Pretest eingegangen.

### 4.2.4.1 Umfragezeitraum und -bedingungen

Die Datenerhebung fand zunächst über einen ca. zweiwöchigen Zeitraum von Ende Mai bis Anfang Juni 2015 im Rahmen einer anonymen Onlinebefragung statt. Der Zeitraum wurde auf bis Anfang August 2015 ausgeweitet, da kurz vor Ablauf der ursprünglich geplanten Umfragedauer durch die Veröffentlichung in den Tf-internen Portalen die Möglichkeit einer größeren Teilnehmerzahl bestand.

---

<sup>266</sup> Vgl. Welker et al. (2005), S. 78.

<sup>267</sup> Link zur Befragungssoftware: <https://www.umfrageonline.com/>

### 4.2.4.2 Pretest

Es wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein Pretest durchgeführt. Allerdings beschränkte sich der Teilnehmerkreis auf nur wenige Personen, da kaum Kontakte zu Tf bestanden. Es wurden daher nicht nur Tf, sondern auch fachnahe Personen gebeten, den Fragebogen zu testen. Es wurde versucht, unverständliche Fragen und Antwortmöglichkeiten zu minimieren bzw. zu eliminieren. Zudem erfolgte dabei das ausführliche Testen der Technik des Fragebogens und der Datenauswertung / Datenausgabe, vor allem in Bezug auf die Anwendbarkeit und Durchführbarkeit. Die Rückmeldungen der Teilnehmer wurden zur Optimierung des Fragebogens verwendet. Zum Beispiel wurde die Anzahl der Stufen der Likert-Skalen angepasst, wie bereits in Kapitel 4.2.2.1 beschrieben worden ist.

### 4.2.5 Auswertung

Die Auswertung der Daten aus den ausgefüllten Fragebogen erfolgte mithilfe des Statistical Program for Social Science – SPSS (Version 23.0). Alle Antwortmöglichkeiten wurden dazu mit Ziffern hinterlegt: Z.B. erfolgte die Nummerierung der Antwortmöglichkeiten bei den Likert-Skalen von links nach rechts mit den Ziffern 1 bis 5. Die um „Lurker“ und „Answering Drop-out“ bereinigten Datensätze wurden zunächst aus der Befragungssoftware „umfrageonline.com“ nach Excel exportiert, aufbereitet und zur Auswertung in SPSS importiert.

Um die erhobenen Daten übersichtlich darzustellen, werden diese zunächst deskriptiv ausgewertet.<sup>268</sup> Das heißt, dass die Verteilungen und Zusammenhänge der Daten beschrieben werden. Es wird für jede Antwortmöglichkeit die Häufigkeits- oder die Kennwerteverteilung ermittelt. Da die relative Darstellung der Häufigkeitsverteilungen in Form von Prozentsätzen übersichtlicher ist, werden die Ergebnisse neben Angabe der absoluten Häufigkeiten auch prozentual wiedergegeben. Zur weiteren Steigerung der Übersichtlichkeit erfolgt die Darstellung der Verteilungen grafisch.

## 4.3 Ergebnisse

Im vorliegenden Kapitel werden die Ergebnisse der Onlinebefragung präsentiert. Dazu wird zunächst die Merkmalsverteilung der befragten Tf (Stichprobe) und somit die Ergebnisse des zweiten Teils des Fragebogens beschrieben. Danach erfolgt die Darstellung der Ergebnisse zu den einzelnen Fragen des ersten Teils des Fragebogens.

### 4.3.1 Merkmale der befragten Tf

Um die Meinungen der Teilnehmer differenzierter betrachten zu können, wurde im zweiten Teil des Fragebogens nach den Merkmalen der Tf gefragt. Folgende Merkmale wurden in die Betrachtung der Stichprobe einbezogen, auf deren Verteilung im Nachgang näher eingegangen wird:

- Vertrautheit der Strecken
- Berufserfahrung (Fahrleistung und Tätigkeitsdauer)
- Verkehrsart
- Streckenart

---

<sup>268</sup> Vgl. Atteslander (2010), S. 306 f und Diekmann (2014), S. 669–672.

Von den insgesamt 559 vorliegenden abgeschlossenen und beantworteten Fragebogen gab ein einzelner Tf bei Frage 12 an, stets neue Strecken (d.h. ihm unbekannte Strecken) zu befahren. Allerdings machte dieser auch keine Angabe über seine jährliche Fahrleistung und seine Tätigkeitsdauer als Tf. Bei der merkmalsabhängigen Betrachtung konnten die Antworten dieses Tf daher nicht einbezogen werden. Mit 92 % der befragten Tf gab die deutliche Mehrheit ( $n = 512$ ) an, dass sie ihnen bereits bekannte Strecken befuhren. Lediglich 8 % der Befragten ( $n = 46$ ) befuhren neben ihnen bereits bekannte, auch ihnen unbekannte Strecken (Antwortmöglichkeit „teils, teils“).

Bei Frage 13 gaben insgesamt 12 % der Befragten ( $n = 67$ ) an, dass sie entweder bis zu 150 ( $n = 23$ ) oder bis zu 500 Stunden ( $n = 44$ ) im Jahr durchschnittlich Tffz führen. Die deutliche Mehrheit der Befragten mit 84 % ( $n = 471$ ) wählte die Kategorie „bis zu 2000 Stunden“ im Jahr aus. 21 Tf entschieden sich für die Option „keine Angabe“ (dies entspricht 4 %).

Hinsichtlich der Tätigkeitsdauer wurde bei Frage 14 zwischen vier Kategorien unterschieden: „unter 1 Jahr“, „zwischen 1 und unter 5 Jahren“, „zwischen 5 und unter 10 Jahren“ und „10 Jahre oder mehr“. Neun befragte Tf (2 %) waren unter 1 Jahr und 99 Befragte (18 %) zwischen 1 und unter 5 Jahren beschäftigt. Die Mehrheit bildeten die Tf, die 5 Jahre oder länger im Besitz eines gültigen Triebfahrzeugführerscheins waren: Die Teilnehmerzahl belief sich in der Gruppe „zwischen 5 und unter 10 Jahren“ dabei auf 87 (dies entspricht 16 %). Bereits seit mehr als 10 Jahren als Tf tätig waren 363 Befragte (dies entspricht 65 %). Ein einzelner Tf gab nicht an, wie lange er bereits als Tf tätig war.

Aus den Antworten zu den Fragen 13 und 14 ergab sich folgende Verteilung hinsichtlich der Berufserfahrung der Tf (zur Kategorisierung sei auf Kapitel 4.2.1.2 verwiesen): 3 % der teilnehmenden Tf verfügten über „wenig Erfahrung“ ( $n = 15$ ) und 26 % über eine „mittlere Erfahrung“ ( $n = 146$ ). Die meisten Tf (ca. zwei Drittel der Befragten bzw. 67 %) hatten „viel Erfahrung“ ( $n = 377$ ). Bei 4 % der Befragten ( $n = 21$ ) wurden zu mindestens einer der Fragen 13 und 14 keine Angaben gemacht und es konnte keine Einteilung zu einer der Kategorien der Berufserfahrung vorgenommen werden.

Es wurde auch die Tätigkeit bezüglich der Verkehrsart erfragt, d.h. ob die Tf im Güterverkehr oder Personenverkehr tätig waren. Dabei gaben 57 % der Befragten an, dass sie im Personenverkehr tätig seien ( $n = 316$ ). Aus dem Bereich des Güterverkehrs beteiligten sich 134 Tf (dies entspricht 24 %) an der Befragung, also ungefähr die Hälfte der im Personenverkehr tätigen Tf. 55 Tf und somit 10 % der Befragten fuhren sowohl Güter- als auch Reisezüge (Kategorie „Beides“). Die übrigen 10 % der Befragten ( $n = 54$ ) gaben entweder nichts an oder die Zuordnung war nicht eindeutig möglich.

Hinsichtlich der Streckenart war eine Untersuchung nicht sinnvoll, da fast alle Tf eine Kombination aus allen drei Streckenarten „Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz“, „Hauptbahnen, die nicht zum Fern- und Ballungsnetz“ und „Nebenbahnen“ befuhren. Lediglich 44 Tf gaben, an „nie“ eine Nebenbahn zu befahren. Dahingegen gab es nur einen Tf, der nie zum Fern- und Ballungsnetz gehörende Hauptbahnen befuhr.

In Tabelle 10 ist die Aufteilung der Tf auf die Merkmale „Vertrautheit der Strecken“, „Berufserfahrung“ und „Verkehrsart“ zusammenfassend dargestellt.

**Tabelle 10: Verteilung der Merkmale „Vertrautheit der Strecken“, „Berufserfahrung“ und „Verkehrsart“ auf die befragten Tf**

Verkehrsart und Berufserfahrung		Vertrautheit der Strecken			Gesamt (n)
		Bekannte Strecken (n)	Teils, teils (n)	Neue Strecken (n)	
Personenverkehr	wenig	9	0	0	9
	mittel	77	3	0	80
	viel	207	6	0	213
	Keine Angabe	12	2	0	14
	Summe	305	11	0	316
Güterverkehr	wenig	2	0	0	2
	mittel	31	4	0	35
	viel	84	9	0	93
	Keine Angabe	3	0	1	4
	Summe	120	13	1	134
Beides	wenig	2	1	0	3
	mittel	14	6	0	20
	viel	22	10	0	32
	Keine Angabe	0	0	0	0
	Summe	38	17	0	55
Nicht eindeutig	wenig	1	0	0	1
	mittel	8	3	0	11
	viel	37	2	0	39
	Keine Angabe	3	0	0	3
	Summe	49	5	0	54
Gesamt		512	46	1	559

Zusätzlich zu der Betrachtung der Ergebnisse über alle Tf galt es zu überprüfen, inwieweit die Merkmale der befragten Tf einen Einfluss auf die Ergebnisse dieser Untersuchung hatten und welche Erkenntnisse daraus für die weitere Arbeit gezogen werden können.

Es wurde bereits erläutert, dass bei der merkmalsabhängigen Untersuchung die Betrachtung der Kategorie „neue Strecken“ nicht sinnvoll war, da es sich nur um einen einzelnen Teilnehmer handelte.

Die Anzahl der Tf war auch ungleichmäßig auf die beiden verbleibenden Kategorien verteilt: 512 befragte Tf befuhren „bereits selbständig befahrene Strecken (d.h. ihnen bekannte Strecken)“ und nur

46 Tf wählten „teils, teils“ (d.h., dass auch sie teilweise ihnen unbekannte bzw. neue Strecken befuhren). Wenn zusätzlich nach Berufserfahrung und Verkehrsart differenziert wurde, ergaben sich unverhältnismäßig kleine Teilnehmerzahlen bei den jeweiligen Gruppen der Tf, die teilweise unbekannte Strecken befuhren (siehe Tabelle 10). Das Gleiche galt für die Tf, die häufig bekannte Strecken befuhren: Dort ergaben sich insbesondere unverhältnismäßige Teilnehmerzahlen bei den Gruppierungen durch die Berufserfahrung. Nur sehr wenige Teilnehmer verfügten über wenig Berufserfahrung. Zudem stammten die meisten Teilnehmer aus dem Personenverkehr. Die stärkste Gruppe mit 207 Teilnehmern war die mit viel Erfahrung im Personenverkehr. Der Tabelle 10 können die genauen Zahlen entnommen werden. Daraus ist ersichtlich, dass eine statistische Betrachtung des Einflusses der Merkmale auf die AV aufgrund der ungleichmäßigen Gruppengrößen nicht sinnvoll war.

Explorativ wurde zusätzlich geprüft, ob sich bei der Betrachtung der einzelnen Merkmale, d.h. jeweils „Vertrautheit der Strecken“, „Verkehrsart“ und „Berufserfahrung“, Unterschiede ergaben. Bereits bei Betrachtung der deskriptiven Mittelwerte konnten keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden.

### **4.3.2 Meinungen der befragten Tf**

Es werden die Ergebnisse der Befragung in Form von Häufigkeits- und Kennwerteverteilungen der Antworten auf die Fragen 1 bis 11 nacheinander dargestellt. Datenbasis sind bei dieser Darstellung alle angegebenen Antworten der 559 Teilnehmer. Da bei den Antwortmöglichkeiten die Möglichkeit bestand, keine Angabe zu machen, haben die 559 Befragten nicht bei jeder Auswahlmöglichkeit eine Antwort gegeben. Daher liegt den in Folge berichteten Mittelwerten und Häufigkeiten nicht immer die gleiche Teilnehmerzahl zugrunde. Wenn die Teilnehmerzahl von den teilgenommenen 559 Befragten abweicht, wird darauf gesondert hingewiesen.

#### **4.3.2.1 Streckenkenntniserwerb der Tf (Frage 1)**

Mit der Frage 1 wurde erfasst, welche der in der VDV-Schrift 755 angebotenen Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb wie häufig angewendet werden. Hier konnten die Befragten zwischen „nie“ bis hin zu „immer“ (dazwischen mit entsprechenden Abstufungen) wählen. Je größer der Mittelwert ( $M_{max} = 5$  für „immer“) war, desto häufiger wendeten die Befragten die Möglichkeit zum Streckenkenntniserwerb an.

Der größte Mittelwert wurde bei der Möglichkeit „Mitfahren im Führerraum“ erreicht. Das bedeutet, dass mit Abstand die meisten der teilnehmenden Tf i.d.R. Streckenkenntnis durch diese Möglichkeit erwarben. Auch durch die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen erwarben sehr viele Tf i.d.R. Streckenkenntnis<sup>269</sup>. Weiterhin wählten bei den Möglichkeiten „Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person (Lotse)“ und „Begehen der Infrastruktur“ die teilnehmenden Tf die Antwortmöglichkeiten tendierend zu „ab und zu“. Die Möglichkeiten „Studium von Filmaufnahmen mit originalgetreuer Streckenabbildung“, „Computerbasiertes Training (originalgetreue Streckenabbildung mit Hinweisen)“ und „Simulatorfahrt mit originalgetreuer Streckenabbildung“ wiesen nur sehr geringe

---

<sup>269</sup> Hierbei war nicht ersichtlich, ob die Befragten ausschließlich in betriebliche Unterlagen Einsicht nahmen – und die Befragten somit nur über eingeschränkte Streckenkenntnis verfügten – oder ob die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen als Ergänzung verstanden wurde (so wie es durch die aktuellen Regelwerke vorgeschrieben wird). Vertiefend sei dazu auf Kapitel 4.4.1.2 (Frage 1) verwiesen.

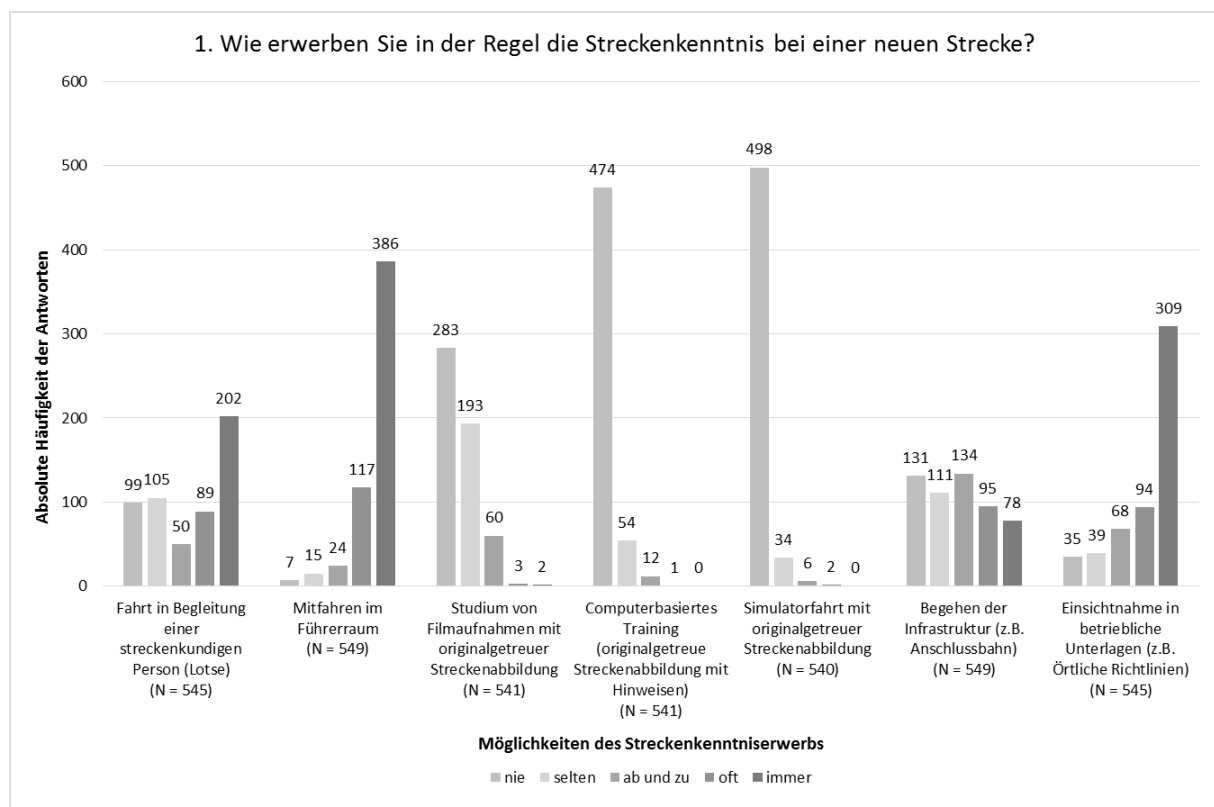
Mittelwerte auf. Bei Betrachtung der Mittelwerte in Tabelle 11 wird ersichtlich, dass die befragten Tf „selten“ Filmaufnahmen und so gut wie „nie“ CBT oder Simulatorfahrten zum Erwerb von Streckenkenntnis nutzten. In Tabelle 11 sind die Ergebnisse zusammengefasst und die genauen Teilnehmerzahlen enthalten.

**Tabelle 11: Deskriptiv statistisches Ergebnis zum Erwerb der Streckenkenntnis**

Erwerb der Streckenkenntnis	Selbständige Fahrt	Mitfahrt	Film	CBT	Simulatorfahrt	Begehen	Betriebliche Unterlagen
<i>N</i>	545	549	541	541	540	549	545
<i>M</i>	3,35	4,57	1,61	1,15	1,10	2,78	4,11
<i>SD</i>	1,56	0,81	0,73	0,43	0,36	1,36	1,24

Anmerkung: 1 = nie; 2 = selten; 3 = ab und zu; 4 = oft; 5 = immer

Zusätzlich sind im Bild 20 die absoluten Häufigkeiten der Antwortmöglichkeiten „nie“, „selten“, „ab und zu“, „oft“ und „immer“ den Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs zugeordnet, um eine Übersicht über die genaue Verteilung der Antworten zu geben.



**Bild 20: Erwerb der Streckenkenntnis bei einer neuen Strecke**



#### 4.3.2.2 Bewertung der Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs (Frage 2)

Mit der Frage 2 sollten die in der VDV-Schrift 755 angebotenen Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb durch die Tf bewertet werden.

Die am häufigsten angewendete Erwerbsmöglichkeit „Mitfahren im Führerraum“ erreichte auch bei Frage 2 den größten Mittelwert. Diese Methode wurde damit als am besten geeignete bewertet (Tendenz des Mittelwertes zu „5“). Ebenso durch die Möglichkeit der selbständigen Fahrt in Begleitung ergab sich ein sehr großer Mittelwert. Das heißt, dass die befragten Tf diese Möglichkeit ebenfalls zwischen „eher geeignet“ und „geeignet“ einstufen, die Mitfahrt aber noch geeigneter fanden. Die Möglichkeit des Begehens der Infrastruktur und die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen wurden als „eher geeignet“ bewertet, denn die Mittelwerte tendierten zu „4“. Die virtuellen Möglichkeiten „Film“, „CBT“ und „Simulatorfahrt“ wurden annähernd gleich als „eher ungeeignet“ bewertet. Die genauen Mittelwerte und Standardabweichungen inklusive der Teilnehmerzahlen sind Tabelle 12 zu entnehmen.

**Tabelle 12: Deskriptiv statistisches Ergebnis zur Bewertung der Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs**

Erwerb der Streckenkenntnis	Selbständige Fahrt	Mitfahrt	Film	CBT	Simulatorfahrt	Begehen	Betriebliche Unterlagen
<i>N</i>	547	552	533	532	523	542	548
<i>M</i>	4,55	4,83	2,68	2,35	2,37	4,11	4,02
<i>SD</i>	0,88	0,48	1,24	1,23	1,27	1,07	1,20

Anmerkung: 1 = ungeeignet; 2 = eher ungeeignet; 3 = weder noch; 4 = eher geeignet; 5 = geeignet

Im Bild 21 sind die absoluten Häufigkeiten der Antwortmöglichkeiten „ungeeignet“, „eher ungeeignet“, „weder noch“, „eher geeignet“ und „geeignet“ den Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs zugeordnet, um eine Übersicht über die genaue Verteilung der Antworten zu geben.

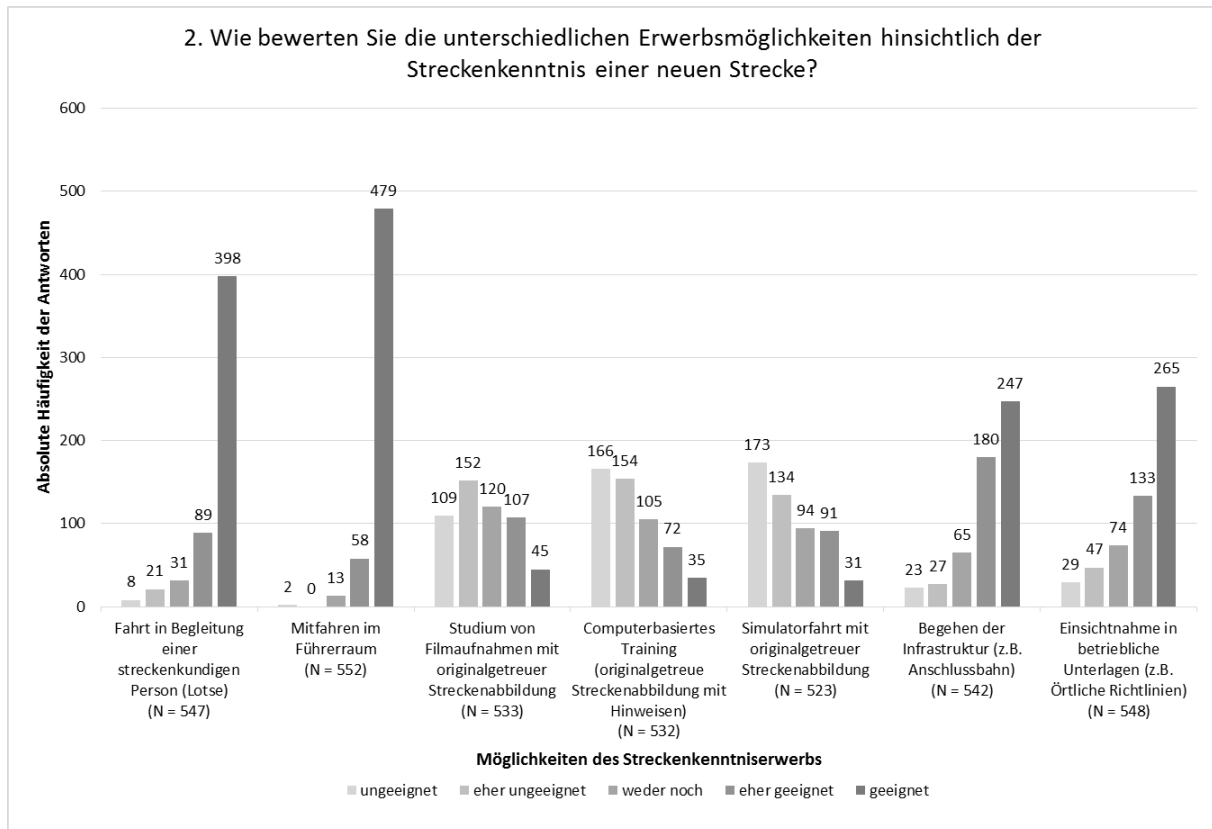


Bild 21: Bewertung der Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs

#### 4.3.2.3 Argumente für und gegen die einzelnen Erwerbsmöglichkeiten (Frage 3)

Ausgehend von den Überlegungen in Kapitel 4.1.2 lassen sich die Erwerbsmöglichkeiten jeweils in „traditionelle“ und „virtuelle“ Methoden einteilen. Dabei werden die Möglichkeiten „Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person (Lotse)“ und „Mitfahren im Führerraum“ den traditionellen Methoden zugeordnet. Als „virtuelle Methoden“ werden die Möglichkeiten „Studium von Filmaufnahmen mit originaler Streckenabbildung“, „Computerbasiertes Training (originalgetreue Streckenabbildung mit Hinweisen)“ und „Simulatorfahrt mit originalgetreuer Streckenabbildung“ bezeichnet. Die betrieblichen Unterlagen sind zusätzlich zu den sechs Möglichkeiten obligatorisch und werden daher nicht den beiden Begriffen „traditionell“ und „virtuell“ zugeordnet. Auch erfolgt keine Zuordnung der Möglichkeit „Begehen der Infrastruktur (z.B. Anschlussbahn)“ zu einem der beiden Begriffe, da diese Methode nur ergänzend sein kann und die gesamte Strecke nicht begangen wird.

Im vorliegenden Kapitel werden zunächst die von den Tf angegebenen Vor- und Nachteile der traditionellen Methoden „Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person (Lotse)“ und „Mitfahren im Führerraum“ dargestellt. Alle Vorteile stellen gleichzeitig Nachteile der virtuellen Verfahren dar, da diese laut der befragten Tf mit virtuellen Verfahren nicht abgebildet werden können. Bei allen Nachteilen der traditionellen Methoden handelt es sich zeitgleich um Vorteile der virtuellen Methoden. Nachdem die Argumente für und gegen die traditionellen Methoden dargestellt worden sind, werden die von den Tf angegebenen Vor- und Nachteile der virtuellen Methoden präsentiert. Diese Vorteile stellen wiederum Nachteile der traditionellen Methode dar und umgekehrt. Abschließend werden die Argumente der Tf dargestellt, warum das selbständige Fahren besser oder schlechter geeignet sei als das Mitfahren. Nach diesem Aspekt wurde nicht speziell gefragt, sondern die Argumente dazu

wurden zusätzlich von den Tf angegeben. Im Folgenden werden nur die aus Sicht der Autorin relevantesten Argumente aufgeführt. Für alle übrigen Antworten der befragten Tf sei auf Anhang 4 verwiesen.

Die Vor- und Nachteile der einzelnen Erwerbsmöglichkeiten wurden mittels der offenen Frage 3 von den Teilnehmern erfragt. Die Beantwortung dieser Frage war freiwillig, die Häufigkeit der Antworten wird in Klammern mit angegeben. Bei den Aufzählungen wird jeweils mit den am häufigsten benannten Argumenten begonnen.

Folgende Vorteile zum Streckenkenntniserwerb mittels der traditionellen Methoden und somit Argumente gegen die virtuellen Methoden wurden am häufigsten von den befragten Tf genannt:

- Gezielte / individuelle Erklärung und Aufzeigen der Besonderheiten / Informationen bzw. Erfahrungsaustausch (z.B. Signalstandorte, Sichtverhältnisse, Gefahrenstellen, Energiesparen-des Fahren (ESF)) ( $n = 127$ )
- Besseres Lernen in der Praxis / realitätsnah ("Reale Mitfahrt vermittelt gegenüber der virtuellen Darstellung den besseren Eindruck" und „Streckenverhältnisse prägen sich am besten ein“) ( $n = 50$ )
- Vermittlung des "Gefühls" für die Strecke (vor allem Topografie und Bremswege, ESF u. pünktliches Fahren) ( $n = 45$ )
- Möglichkeit zur Beantwortung von Fragen ( $n = 35$ )
- Informationen von Menschen mit jahrelanger Erfahrung sind umfassender und praxisnäher ( $n = 25$ )
- Möglichkeit von Fahrten mit unterschiedlichen Licht- und Witterungsverhältnissen ( $n = 14$ )

Den Vorteilen bezüglich des traditionellen Streckenkenntniserwerbs stehen gemäß der Befragten folgende Nachteile und somit Argumente für den virtuellen Streckenkenntniserwerb gegenüber. Zum einen bemängelten 7 Tf die unterschiedliche Qualität der durch Tf vermittelten Informationen (z.B. würden nicht alle Besonderheiten einer Strecke vermittelt). Zum anderen führten 2 Tf auf, dass es zu einer erhöhten gegenseitigen Ablenkung kommen würde, wenn sich zwei Tf auf dem Führerstand befänden.

Folgende weitere Vorteile sahen die Befragten beim virtuellen Streckenkenntniserwerb durch Filme oder CBT:

- Möglichkeit an gewissen Punkten die Fahrt zu unterbrechen oder beliebig oft zu wiederholen (um Besonderheiten zu betrachten und nähere Informationen darüber einzusehen) ( $n = 5$ )
- Zeiteinsparung (keine langen Anfahrwege; von zu Haus aus möglich; Unabhängigkeit von dort verkehrenden EVU und Zugleistungen; genau dann, wenn es zeitlich passt) ( $n = 3$ )
- Sicherung des einheitlichen Informationstransfers (Alle notwendigen Informationen werden vermittelt) ( $n = 2$ )
- Nur CBT: Einfachere Datenpflege als bei betrieblichen Unterlagen ( $n = 1$ )
- Nur CBT: Individuell anpassbar ( $n = 1$ )

Es sprachen auch Argumente aus Sicht der befragten Tf gegen virtuellen Streckenkenntniserwerb durch ein Filmverfahren oder CBT und somit für die traditionellen Methoden. Einerseits könnten diese schnell langweilig und ermüdend wirken, wenn u.a. immer nur auf Signale oder Zs2 eingegangen wird. Ein Tf befürchtete, dass der Streckenkenntniserwerb dann auf die Freizeit der Arbeitnehmer abgewälzt werden könnte. Ein weiterer Tf hatte bereits Erfahrungen mit Hinweisen hinterlegten Filmen in schlechter Qualität gemacht. Außerdem würden CBT nur in 2D verfügbar sein, äußerte ein Tf. Weiterhin benannten 4 Tf, dass die Qualität der Grafik an Simulatoren nur ungenügend für den Zweck des Streckenkenntniserwerbs sei.

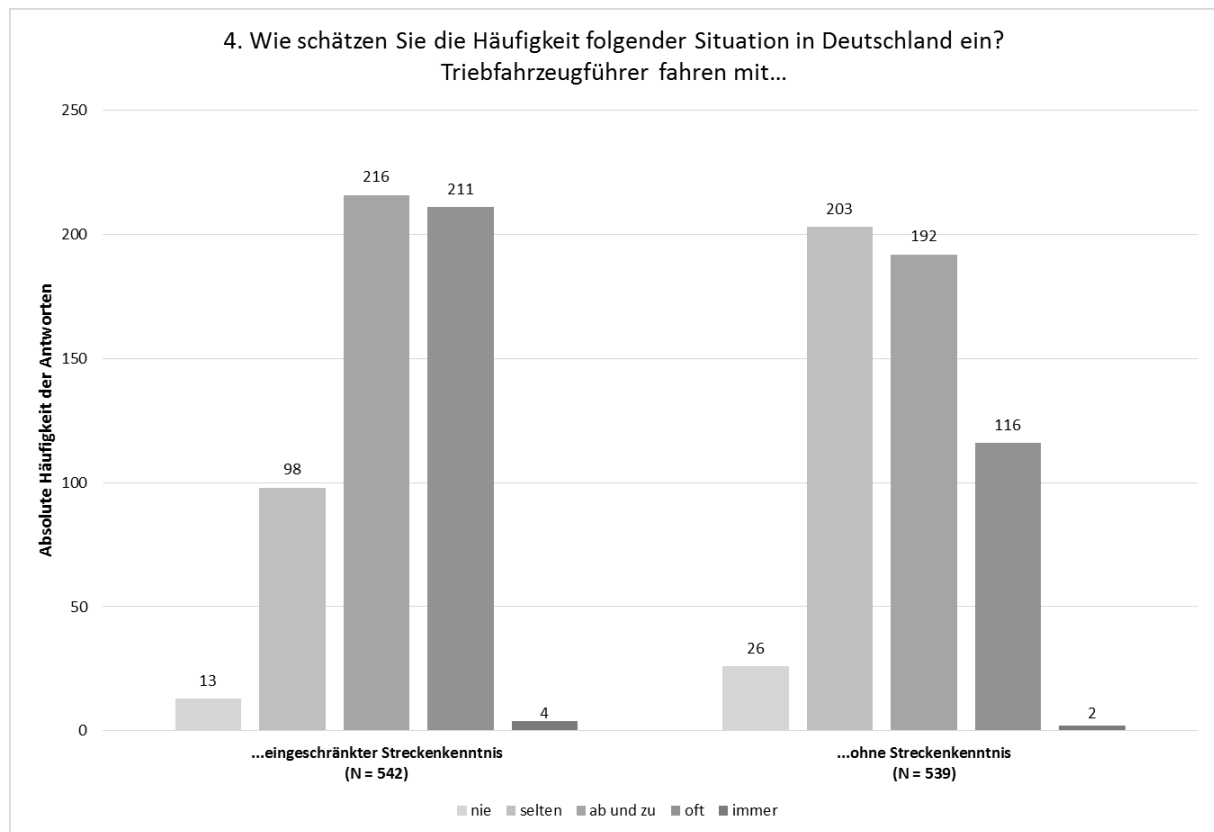
Als Argumente für die Begehung der Infrastruktur und die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen konnten ebenfalls ein paar Vorteile ermittelt werden. Da die Möglichkeit „Begehen der Infrastruktur“ allgemein in der vorliegenden Arbeit nicht vertiefend betrachtet wurde (nicht für die gesamte Strecke relevant) und die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen ohnehin obligatorisch ist, sind die genannten Vorteile im Anhang 4 aufgeführt.

Einige Befragte verglichen auch die beiden traditionellen Methoden „Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person (Lotse)“ und „Mitfahren im Führerraum“ miteinander. Die Argumente sind ebenfalls im Anhang 4 zu finden.

#### **4.3.2.4 Einschätzen der Häufigkeiten des Fahrens mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis (Frage 4)**

Mit der Frage 4 wurden die befragten Tf gebeten, die Häufigkeiten des Vorkommens der beiden Situationen „Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis“ oder „Fahren ohne Streckenkenntnis“ in Deutschland einzuschätzen. Es wurde dabei nicht erfragt, wie häufig diese Situationen bei ihnen selbst vorkommen, sondern es galt, die Lage in Deutschland insgesamt einzuschätzen. Es standen dabei die fünf Antwortkategorien „nie“, „selten“, „ab und zu“, „oft“ und „immer“, die mit den Ziffern 1 bis 5 im System hinterlegt worden sind, zur Auswahl.

Insgesamt antworteten bei dem Teilaspekt „Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis“ 542 und beim Teilaspekt „Fahren ohne Streckenkenntnis“ 539 der befragten Tf. Der Mittelwert der Antworten zur eingeschränkten Streckenkenntnis war mit  $M_{\text{Eingeschränkt}} = 3,18$  ( $SD_{\text{Eingeschränkt}} = 0,82$ ) etwas höher als bei der Situation „Fahren ohne Streckenkenntnis“ ( $M_{\text{ohne}} = 2,75$ ;  $SD_{\text{ohne}} = 0,86$ ). Beide Mittelwerte tendierten aber zur Mitte der Antwortmöglichkeiten, d.h. dass die Befragten den Eindruck hatten, dass „ab und zu“ mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis gefahren wird. Interessant ist, dass insgesamt 211 (dies entspricht 38 %) bzw. 116 (dies entspricht 21 %) Befragte dachten, dass „oft“ in Deutschland mit eingeschränkter bzw. ohne Streckenkenntnis gefahren wird (siehe Bild 22).



**Bild 22: Einschätzung der Häufigkeit des Fahrens mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis**

#### 4.3.2.5 Mögliche Ursachen für das Fahren mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis (Frage 5)

Bei der Frage 5 konnten die Tf angeben, aus welchen Gründen aus ihrer Sicht mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis gefahren wird. Dabei konnten die Befragten zwischen den Antwortmöglichkeiten „aus zeitlichem Grund“, „aus wirtschaftlichem Grund“ und „aus organisatorischem Grund“ wählen oder andere Gründe in einem offenen Antwortfeld nennen. Es bestand zusätzlich die Möglichkeit, auch „keine Angabe“ auszuwählen.

Es vermuteten 60 % der Befragten einen wirtschaftlichen Grund und 56 % einen organisatorischen Grund zum Fahren ohne bzw. mit eingeschränkter Streckenkenntnis. Ein Drittel der Befragten (33 %) fand, dass zeitliche Gründe Ursache für das Fahren ohne bzw. mit eingeschränkter Streckenkenntnis sein könnten. 12 Befragte machten „keine Angabe“. Da Mehrfachnennungen zulässig waren, ergaben die Antwortmöglichkeiten in der Summe mehr als 100 %.

Die Umfrageteilnehmer benannten explizite Gründe für das Fahren ohne bzw. mit eingeschränkter Streckenkenntnis. Dabei sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den Gründen teilweise ebenso um organisatorische, zeitliche oder wirtschaftliche Ursachen handelte, die den Tf scheinbar sehr wichtig waren. Im Folgenden sind diejenigen möglichen Gründe aufgelistet, die am häufigsten benannt worden sind. In Klammern ist jeweils die Anzahl der Befragten aufgeführt, die diesen Grund benannten:

- Umleitung (z.B. wegen besondere Ereignisse, Streckensperrung, betriebliche Störungen und Störungen Infrastruktur) ( $n = 120$ )
- EVU mit unzureichender Organisation hinsichtlich der Streckenkenntnis ( $n = 27$ )

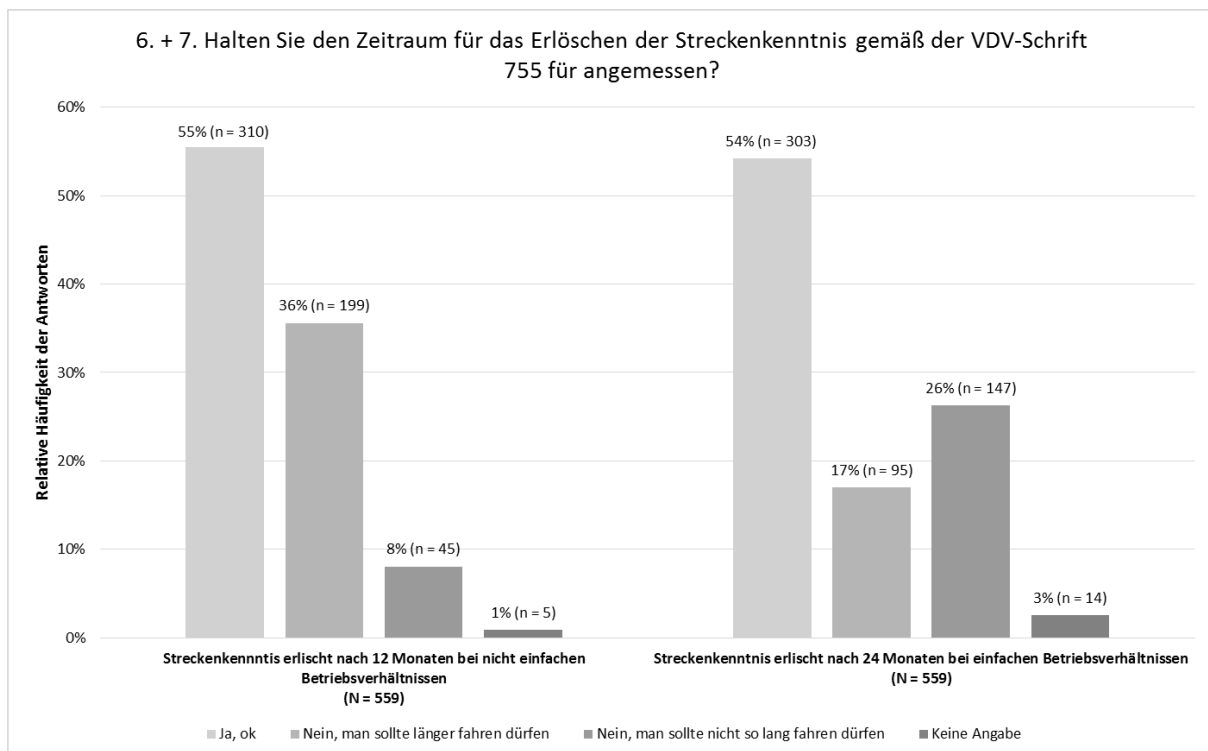
- Druck vom Vorgesetzten / Arbeitgeber / EVU ( $n = 11$ )
- Kosten- und Zeiteinsparung EVU ( $n = 11$ )
- Verfallene Streckenkenntnis ( $n = 9$ )
- Übersteigertes Selbstwertgefühl / Überheblichkeit / Unwissenheit / Fehlendes Verantwortungsbewusstsein ( $n = 8$ )
- Zu seltenes Befahren einer Strecke ( $n = 6$ )

Weitere mögliche Gründe für eingeschränkte oder keine Streckenkenntnis sind dem Anhang 5 zu entnehmen.

#### 4.3.2.6 Angemessenheit des Zeitraums für das Erlöschen der Streckenkenntnis (Fragen 6 und 7)

Durch die VDV-Schrift 755 wird vorgegeben, wie lange die Streckenkenntnis erhalten bleibt, wenn ein Tf die Strecke nicht selbständig befahren hat. Bei nicht einfachen Betriebsverhältnissen erlischt die Streckenkenntnis nach 12 Monaten des Nichtbefahrens, bei einfachen Betriebsverhältnissen nach 24 Monaten. Bei den Fragen 6 und 7 wurde danach gefragt, ob die Tf diese Zeiträume angemessen finden.

Die Antworten aller 559 Tf sind grafisch im Bild 23 dargestellt. Die Resultate zeigen, dass mehr als die Hälfte der Tf die festgelegten Zeiträume für das Erlöschen der Streckenkenntnis mit jeweils 12 Monaten bei schwierigen bzw. 24 Monaten bei einfachen Betriebsverhältnissen für angemessen hielten. Den vorgegebenen Zeitraum für zu kurz hielten mehr als ein Drittel der Befragten (36%) bei schwierigen und 17 % bei einfachen Verhältnissen. Bei der 24-Monate-Regel bei einfachen Betriebsverhältnissen gaben jedoch ein Viertel der Befragten (26 %) an, dass der Zeitraum zu lang wäre. Für die 12-Monate-Regel bei schwierigen Betriebsverhältnissen war dies nur bei 8 % der Fall.



**Bild 23: Angemessenheit des Zeitraums für das Erlöschen der Streckenkenntnis**

#### 4.3.2.7 Wichtigkeit einzelner Teilaspekte für Streckenkenntnis (Frage 8)

Bei Frage 8 wurden die befragten Tf gebeten, 14 Teilaspekte hinsichtlich der Wichtigkeit für Streckenkenntnis zu bewerten.

Die in Tabelle 13 aufgeführten Mittelwerte machen deutlich, dass fast alle Teilaspekte mindestens mit der Kategorie „eher wichtig“ ( $M > 4$ ) bewertet worden sind. Lediglich bei den beiden Teilaspekten „Informationen über Zugfunk (Umstellung auf GSM-R beachten; Kurzwahl Fdl)“ und „Topografische Verhältnisse der Strecke (z.B. energiesparende Fahrweise, Neigungen)“ wurden die Mittelwerte mit kleiner als 4 berichtet, jedoch sehr nahe an der Kategorie „eher wichtig“. Auch die Streuungen sind bei diesen beiden Aspekten neben den Teilaspekten „Streckengeschwindigkeit“ und „Information über Ortsfunk (Umstellung auf GSM-R beachten; Kurzwahl Fdl)“ mit jeweils  $SD > 1$  am größten. Die exakten Mittelwerte und Standardabweichungen aller Teilaspekte sind neben der jeweiligen Anzahl der Antworten in der folgenden Tabelle 13 aufgeführt. Die Teilaspekte sind dabei nach absteigenden Mittelwerten (also nach absteigender Wichtigkeit) sortiert.

**Tabelle 13: Deskriptiv statistisches Ergebnis zur Wichtigkeit einzelner Teilaspekte für Streckenkenntnis**

Wichtigkeit einzelner Teilaspekte für Streckenkenntnis	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Standorte und Bauarten der Signale (Zuordnung zum Gleis, abweichende Standorte, Erkennbarkeit)	559	4,67	0,66
Verkürzte Vorsignalabstände	559	4,65	0,71
Heizverbote, Schutz- und/oder „Bügel-ab“-Strecken	551	4,59	0,81
Nicht technisch gesicherte Bahnübergänge	554	4,53	0,83
Geschwindigkeitswechsel ohne Signalisierung	554	4,42	0,93
Ende des anschließenden Weichenbereichs	552	4,33	0,97
Gewöhnlicher Halteplatz des Zuges (Haltepunkte, Bahnhöfe)	551	4,33	0,90
Besonderheiten der Betriebsstellen (z.B. ortsfeste Zp 9, örtl. Aufsichten, Zugschlussmeldung)	554	4,32	0,93
Richtungsanzeiger (Zs 2)	552	4,32	0,83
Umleiten unter erleichterten Bedingungen (ehemals „Streckenwechsel“)	552	4,20	0,89
Information über Ortsfunk (Umstellung auf GSM-R beachten; Kurzwahl Fdl)	550	4,04	1,04
Streckengeschwindigkeit	553	4,02	1,13
Information über Zugfunk (Umstellung auf GSM-R beachten; Kurzwahl Fdl)	551	3,87	1,07
Topografische Verhältnisse der Strecke (z.B. energiesparende Fahrweise, Neigungen)	555	3,84	1,10

Anmerkung: 1 = unwichtig; 2 = eher unwichtig; 3 = weder unwichtig noch wichtig; 4 = eher wichtig; 5 = wichtig

#### 4.3.2.8 Zusätzliche Teilaspekte für Streckenkenntnis (Frage 9)

Da bei Frage 8 nur 14 Teilaspekte hinsichtlich der Wichtigkeit für Streckenkenntnis zu bewerten waren, wurde mithilfe der Frage 9 den beantwortenden Tf die Möglichkeit gegeben, für sie besonders wichtige Teilaspekte zu benennen, die bis dahin nicht berücksichtigt worden sind.

83 befragte Tf benannten „Bahnhofskenntnis“ und deren Aspekte als wichtig. Im Anhang 6 sind die benannten Teilaspekte aufgeführt.

Folgende Teilaspekte, die wichtig für Streckenkenntnis sind, wurden zusätzlich von den befragten Tf benannt (in Klammern ist die jeweilige Anzahl der Angaben angegeben):

- Reibungsverhältnisse in best. Situationen (z.B. Jahreszeit, Witterung, Gefälle, Reibungsverluste infolge von Abgasen durch Industrieanlagen) ( $n = 15$ )
- Zuständigkeiten und -bereiche der Fdl auf der Strecke ( $n = 11$ )
- Unfallschwerpunkte / Gefahrenstellen (z.B. Stellen, an denen Personen die Gleise überqueren oder Suizide vorgenommen werden) ( $n = 10$ )
- BÜ / BÜ-Einschaltstrecken ( $n = 5$ )
- Anschlussbahnen ( $n = 3$ )
- Fahrzeitpuffer oder zu eng bemessene Fahrpläne / Verkehrsdichte und Zuggattungen (ESF und Wirtschaftlichkeit) ( $n = 3$ )
- Bahnsteiglängen und-höhen ( $n = 3$ )
- Besonderheiten an der Strecke (z.B. Brücken, Schneisen) ( $n = 3$ )

Es wurden weitere Teilaspekte ein- oder zweimal benannt. Diese sind im Anhang 7 aufgeführt.

Bei Beantwortung der Frage 9 wurden teilweise Aspekte benannt, die bereits mit Frage 8 des Onlinefragebogens bewertet worden sind. Damit es nicht zu Dopplungen kam, sind diese hier nicht weiter berücksichtigt worden.

#### 4.3.2.9 Wichtigkeit der Streckenkenntnis in den Bereichen der Verkehrsarten (Frage 10)

Mit der Frage 10 sollten die Tf angeben, wie wichtig ihnen Streckenkenntnis in den Bereichen des „Güterverkehrs“, des „Personenfernverkehrs“, „Personennahverkehrs“, aber auch im „Sonderverkehr“ und im „Rangierbetrieb“ ist (die Teilnehmerzahlen bei den jeweiligen Verkehrsarten sind in Tabelle 14 angegeben). Hier konnten die Befragten zwischen „unwichtig“ bis hin zu „wichtig“ (dazwischen mit entsprechenden Abstufungen) wählen. Je größer der Mittelwert ( $M_{max} = 5$  für „wichtig“) war, desto relevanter stuften die befragten Tf Streckenkenntnis für die jeweiligen Bereiche ein. Die in Tabelle 14 aufgeführten Mittelwerte machen deutlich, dass alle Bereiche annähernd als gleich wichtig angesehen wurden, lediglich der Relevanz der Streckenkenntnis für den Sonderverkehr wurde als etwas geringer eingestuft. Der Unterschied ist jedoch marginal.



**Tabelle 14: Deskriptiv statistisches Ergebnis zur Wichtigkeit in den Bereichen der Verkehrsarten**

Wichtigkeit einzelner Bereiche der Verkehrsarten	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Güterverkehr	521	4,62	0,79
Personenfernverkehr	527	4,72	0,63
Personennahverkehr	519	4,75	0,62
Sonderverkehr	515	4,49	0,81
Rangierbetrieb	551	4,75	0,59

Anmerkung: 1 = unwichtig; 2 = eher unwichtig; 3 = weder unwichtig noch wichtig; 4 = eher wichtig; 5 = wichtig

#### 4.3.2.10 Wichtigkeit der Streckenkenntnis in den Bereichen der Streckenarten (Frage 11)

Mit der Frage 11 sollten die Tf bewerten, wie wichtig ihnen Streckenkenntnis in den Bereichen der „Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz gehören“, „Hauptbahnen, die nicht zum Fern- und Ballungsnetz gehören“ und „Nebenbahnen“ ist. Analog zur Frage 10 konnten die Befragten zwischen „unwichtig“ bis hin zu „wichtig“ (mit dazwischen angeordneten Abstufungen) wählen. Je größer der Mittelwert ( $M_{max} = 5$  für „wichtig“) war, desto wichtiger stuften die Tf die Streckenkenntnis für die jeweiligen Bereiche ein. Durch die Mittelwerte in Tabelle 15 wird aufgezeigt, dass auch hier in allen Bereichen Streckenkenntnis für die Tf als zwischen „eher wichtig“ und „wichtig“ angesehen wird. Der Tabelle sind ebenfalls die genauen Teilnehmerzahlen und die Standardabweichungen zu entnehmen.

**Tabelle 15: Deskriptiv statistisches Ergebnis zur Wichtigkeit in den Bereichen der Streckenarten**

Wichtigkeit einzelner Bereiche der Streckenarten	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz gehören	557	4,7	0,75
Hauptbahnen, die nicht zum Fern- und Ballungsnetz gehören	552	4,58	0,76
Nebenbahnen	543	4,61	0,74

Anmerkung: 1 = unwichtig; 2 = eher unwichtig; 3 = weder unwichtig noch wichtig; 4 = eher wichtig; 5 = wichtig

## 4.4 Diskussion

Ziel der Onlinebefragung war es, einen Überblick über die Meinung der Tf zur aktuellen Situation zum Thema „Streckenkenntnis“ in Deutschland zu erhalten. Aus den Erkenntnissen sollen einerseits Empfehlungen für den weiteren Umgang mit Streckenkenntnis und somit den Regelungen in der VDV-Schrift 755 abgeleitet werden. Andererseits soll aufgezeigt werden, auf welche Aspekte ein besonderes Augenmerk bei der Versuchsdurchführung am Fahrsimulator zu richten war. Primär gilt es dabei, die Frage zu beantworten, welche der virtuellen Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs in der Simulatorstudie zu untersuchen waren.

Im vorherigen Kapitel wurden die Merkmalsverteilungen der befragten Tf dargestellt und die Ergebnisse der Onlinebefragung präsentiert. Diese Ergebnisse werden im Folgenden zunächst interpretiert, bevor die Untersuchung kritisch gewürdigt sowie ein abschließendes Fazit mit Empfehlungen und Ausblick auf weitere Untersuchungen gegeben wird.

### **4.4.1 Interpretation der Ergebnisse**

Im vorliegenden Kapitel werden zunächst die Merkmale der befragten Tf interpretiert, bevor auf die Beantwortung der zur Erreichung der Ziele hergeleiteten Fragestellungen eingegangen wird.

#### **4.4.1.1 Merkmale der befragten Tf**

Wie im Kapitel 4.3.1 bereits beschrieben worden ist, sind die Merkmale sehr ungleichmäßig verteilt, da die meisten der 559 befragten Tf im Personenverkehr tätig waren und über viel Erfahrung als Tf verfügten. Weiterhin nahmen sehr viele Tf an der Befragung teil, die stets ihnen bekannte Strecken und somit keine neue Strecken befuhren. Unter 10 % der Befragten befuhren teilweise auch ihnen unbekannte Strecken. Ein möglicher Einfluss der Merkmalseigenschaften auf die Ergebnisse konnte wegen der auffällig großen unterschiedlichen Personengruppen somit nicht untersucht werden. Im Folgenden werden Vermutungen dahingehend geäußert, warum diese ungleichmäßige Verteilung zustande gekommen ist.

#### **Vertrautheit der Strecken**

Im Kapitel 4.1.2 wurde aufgeführt, dass immer häufiger – insbesondere im Güterverkehrsbereich – dem Tf unbekannte Strecken befahren werden bzw. dies vermutet wird. An der Umfrage nahmen hauptsächlich Tf teil, die die zu befahrenen Strecken bereits kannten. Unter 10 % gaben an, teilweise auch neue Strecken zu befahren. Bereits an dieser Stelle sei erwähnt, dass die Ergebnisse der Onlineumfrage nicht auf die Grundgesamtheit übertragen werden dürfen (dies wird im Kapitel 4.4.2 näher erläutert). Daher können keine Vermutungen darüber geäußert werden, ob dieses Verhältnis realistisch ist. Auch gab es hinsichtlich der Verkehrsarten keine Unterschiede bei der Gruppe der Tf, die teilweise auch neue Strecken befuhren. Annähernd gleich viele im Personenverkehr und Güterverkehr tätige Tf konnten dieser Gruppe zugeordnet werden. Deswegen kann auch nicht darauf geschlossen werden, dass die geringere Personenzahl der Tf im Güterverkehr die geringe Gruppengröße der teilweise neue Strecken befahrenden Tf verursachte.

#### **Berufserfahrung**

Im Kapitel 4.2.3.1 wurde dargestellt, dass nur weniger als 5,6 % der sozialversicherungspflichtig beschäftigten Tf ein Alter von unter 25 Jahren aufwiesen. Die restlichen Tf wurden Altersgruppen ab 25 Jahren zugeordnet. Durch die Umfrage wurde zwar nicht das Alter erhoben, dafür aber der Aspekt betrachtet, wie lange die Befragten als Tf tätig waren. Somit ist indirekt das Einschätzen des Alters der Befragten und schlussfolgernd der Berufserfahrung möglich. Diejenigen Tf, die angaben, seit mindestens 5 Jahren in diesem Berufsfeld tätig zu sein (Auswahlmöglichkeiten „zwischen 5 und unter 10 Jahren“ und „10 Jahre oder mehr“), müssten mindestens 25 Jahre alt sein. Denn in Deutschland wird gemäß § 5 Abschnitt 1 Absatz 1 TfV der Triebfahrzeugführerschein erst erteilt, wenn der Bewerber ein Alter von mindestens 20 Jahren erreicht hat. Die seit mindestens 5 Jahren als Tf tätigen Befragten bildeten mit 71 % innerhalb der Stichprobe die Mehrheit. Das bedeutet, dass auch in der

Stichprobe die über 24-Jährigen deutlich stärker vertreten sind. Damit kann erklärt werden, warum so viele Befragten mit „viel Erfahrung“ an der Befragung teilnahmen.

Allerdings wird im § 5 TfV Abschnitt 1 ebenfalls aufgeführt, dass der Einsatz auf Schienenwegen öffentlicher EIU auf deutschem Raum mittels eines Triebfahrzeugführerscheins bereits ab 18 Jahren möglich ist<sup>270</sup>. Diejenigen Tf hätten dann mit einer Berufserfahrung von ca. 5 Jahren oder etwas mehr noch kein Alter von 25 Jahren erreicht. Wenn nun lediglich die Teilnehmerzahl mit mindestens 10-jähriger Tf-Erfahrung zur Bewertung der Altersverteilung zugrunde gelegt wird (Annahme zur sicheren Seite, dass die bereits seit dem 18. Lebensjahr über einen Triebfahrzeugführerschein verfügenden Tf korrekt bei der Altersverteilung berücksichtigt werden), bedeutet dies, dass immer noch weniger jüngere (unter 25 Jahre) als ältere Befragte teilnahmen. Denn 65 % der Befragten gaben an, seit mehr als 10 Jahren im Besitz ihres Triebfahrzeugführerscheins zu sein. Hinzuweisen sei jedoch auch auf die Möglichkeit, dass einige Befragte erst später eine Ausbildung zum Tf absolvierten und trotz einer Fahrerfahrung von unter 5 Jahren bereits älter als 25 Jahre waren. Dieser Aspekt kann im Nachhinein nicht berücksichtigt werden. Es kann aber angenommen werden, dass dies einige Befragte betraf. Dies würde den Anteil der über 24-Jährigen erhöhen und damit ein realistischeres Abbild ergeben.

Zusammengefasst zeigt die Altersverteilung, warum eine ungleichmäßige Verteilung der Berufserfahrung vorlag. Da deutlich mehr ältere Teilnehmer an der Befragung teilnahmen, erklärt sich, warum sich deutlich mehr Tf mit „viel Erfahrung“ an der Befragung beteiligten.

### **Verkehrsart**

Der Autorin der vorliegenden Arbeit ist nicht bekannt, wie viele der in Deutschland tätigen Tf im Güter- und Personenverkehr tätig sind. Daher kann nicht beurteilt werden, ob die Stichprobe bezüglich der Verkehrsart mit der Verteilung in der Grundgesamtheit übereinstimmt. Allerdings wurde der Umfragelink in mindestens einem Portal veröffentlicht, das sich an im Personenverkehr tätige Tf richtete. Somit bestand die Möglichkeit, dass mehr im Personenverkehr als im Güterverkehr tätige Tf erreicht wurden. Abschließend ist keine Beurteilung dahingehend möglich, welche der beiden Möglichkeiten zutraf.

### **Streckenart**

Kaum ein Tf fuhr nur auf einer der drei Streckenarten „Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz“, „Hauptbahnen, die nicht zum Fern- und Ballungsnetz“ und „Nebenbahnen“. Nur bei sehr wenigen Tf war eindeutig festzustellen, dass sie z.B. nie auf Nebenbahnen fuhren. Sehr oft befuhren die befragten Tf sowohl Haupt- als auch Nebenbahnen.

#### **4.4.1.2 Beantwortung der Fragestellungen**

Es werden nun die in Kapitel 4.1.2 aufgeführten Fragestellungen beantwortet und interpretiert. Dazu wurden die Ergebnisse der einzelnen Fragen der Onlinebefragung mit einbezogen (im Kapitel 4.2.1.1 befindet sich eine tabellarische Übersicht, in der die Fragestellungen der Untersuchung den einzelnen im Fragebogen aufgeführten Fragen gegenübergestellt sind).

---

<sup>270</sup> Voraussetzung dafür ist der Nachweis der geistigen Eignung durch ein entsprechendes Gutachten.

### **1. Durch welche der in Abschnitt 3 der VDV-Schrift 755 vorgegebenen Möglichkeiten erwerben Tf in Deutschland in der Regel Streckenkenntnis?**

Aus der Beantwortung der Frage 1 des Onlinefragebogens ergibt sich die Erkenntnis, dass die virtuellen Möglichkeiten fast „nie“ oder „selten“ genutzt wurden, wobei die befragten Tf angaben, die Möglichkeit „Studium von Filmaufnahmen mit originalgetreuer Streckenabbildung“ etwas häufiger als die beiden virtuellen Möglichkeiten „Computerbasiertes Training (originalgetreue Streckenabbildung mit Hinweisen)“ oder „Simulatorfahrt mit originalgetreuer Streckenabbildung“ zu verwenden.

Durch die traditionelle Methode „Mitfahren im Führerraum“ erwarben mit Abstand die meisten der teilnehmenden Tf Streckenkenntnis. Dies entspricht den Erwartungen der Autorin. Die Möglichkeiten „Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person (Lotse)“ und „Begehen der Infrastruktur“ kamen bisher bei den Tf „ab und zu“ zum Einsatz (immerhin gaben mehr als die Hälfte der Befragten an, „oft“ und „immer“ Streckenkenntnis durch das selbständige Fahren in Begleitung zu erwerben).

Die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen ist zusätzlich zu allen sechs Erwerbmöglichkeiten vorgeschrieben. Daher ist es durchaus interessant, dass nicht alle befragten Tf „oft“ oder „immer“ diese Möglichkeit nutzen. Dies kann der Fragestellung geschuldet sein: Einige Befragte dachten womöglich, dass bei diesem Aspekt nach eingeschränkter Streckenkenntnis gefragt wurde. Das heißt danach, wie oft es vorkam, dass sie nur mittels der Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen Streckenkenntnis erlangten. Wenn sie dies nicht taten, wählten sie die entsprechende Antwortmöglichkeit „nie“ aus. Andere wiederum interpretierten den Aspekt „Einsichtnahme in betriebliche Unterlagen“ vermutlich so, dass danach gefragt wurde, ob bei jedem Streckenkenntniserwerb die betrieblichen Unterlagen hinzugezogen wurden. Aus diesen Überlegungen heraus kann erklärt werden, warum nicht alle Tf „oft“ oder „immer“ angaben.

### **2. Welche der in Abschnitt 3 der VDV-Schrift 755 vorgegebenen Möglichkeiten bevorzugen Tf zum Streckenkenntniserwerb und warum?**

Die traditionellen Möglichkeiten „Mitfahren im Führerraum“ und „selbständiges Fahren in Begleitung“ wurden als geeignet und vor allen Dingen weitaus besser bewertet als die virtuellen Optionen „Film“, „CBT“ oder „Simulatorfahrt“. Doch trotz der kaum vorhandenen Erfahrung im Umgang mit virtuellen Verfahren zum Streckenkenntniserwerb (siehe Frage 1), sind gemäß der Antworten auf Frage 2 des Onlinefragebogens durchaus mehr Tf zur Anwendung dieser bereit. Hier ist eine weitergehende Untersuchung lohnenswert.

Es wurden durch Beantwortung der Frage 3 neben etlichen Vorteilen der traditionellen Methoden auch einige Vorteile der virtuellen Methoden genannt. Der gewonnene, umfangreiche Katalog in Kapitel 4.3.2.3 an Argumenten soll eine Hilfestellung bei der Weiterentwicklung von virtuellen Methoden zum Streckenkenntniserwerb darstellen. Nur durch Berücksichtigung dieser Argumente können Verbesserungen erfolgen bzw. kann Streckenkenntnis effektiv durch ein virtuelles Verfahren vermittelt werden. Es ist darauf zu achten, dass einige der von Tf benannten Vor- und Nachteile zu virtuellen Verfahren kritisch zu hinterfragen sind, da die Befragten z.B. mit dem CBT eine Methode bewerteten, die ihnen größtenteils unbekannt war und von den Tf benannten möglichen Nachteilen der virtuellen Verfahren durch ein entsprechend gestaltetes CBT kompensiert werden kann.

### **3. Wie häufig wird in Deutschland mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis gefahren? Aus welchen Gründen erfolgt dies und werden weitere Gründe genannt, die nicht in der VDV-Schrift 755 aufgeführt sind?**

Wie häufig mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis in Deutschland gefahren wird, kann mittels der Fragestellung 4 im Onlinefragebogen nicht beantwortet werden. Denn vom angewendeten Schema der direkten Anrede wurde aufgrund der hohen Sensibilität (und der vermuteten erhöhten Abbruchgefahr) zur Thematik „Fahren ohne Streckenkenntnis“ abgewichen. Zwar gaben 38 % der Befragten an, dass sie den Eindruck hätten, dass „oft“ mit eingeschränkter Streckenkenntnis gefahren wird. Ungefähr ein Fünftel der befragten Tf vermutete, dass „oft“ ohne Streckenkenntnis gefahren wird. Da sich die Frage aber nicht direkt auf die eigene Situation der Tf bezog, wurden nur Vermutungen der Befragten geäußert.

Mehr als die Hälfte der Befragten vermuteten bei Frage 5 wirtschaftliche und organisatorische Gründe als Ursache der beiden Situationen. Ungefähr ein Drittel fand, dass zeitliche Gründe ursächlich sein könnten. Das Augenmerk wird auf die offenen Antwortmöglichkeiten gelegt: Gerade hier gilt es zu prüfen, ob über die in der VDV-Schrift 755 aufgeführte Ausnahmen zum Fahren ohne Streckenkenntnis hinaus weitere Ausnahmen bzw. Gründe genannt wurden. Mit Abstand die meisten Befragten vermuteten Umleitungen als Ursache. Dies stellt eine der in Abschnitt 6 der VDV-Schrift 755 aufgeführten Ausnahmen dar. Die zahlreichen Antworten im Kapitel 4.3.2.5 zeigen, dass etliche weitere Ursachen als die in der VDV-Schrift 755 enthaltenen Ausnahmen vermutet wurden. Insbesondere folgende vermutete Gründen sind nach Meinung der Autorin kritisch zu sehen:

- Ausgeübter Druck vom Vorgesetzten
- Übersteigertes Selbstwertgefühl oder Überheblichkeit bzw. Unwissenheit des Tf

Allerdings wurden diese Vermutungen jeweils nur von wenigen Befragten benannt. Nichtsdestotrotz zeigt dies einen Zusammenhang der Sicherheitskultur und Streckenkenntnis. Es entstand der Eindruck, dass vereinzelte Tf (insbesondere, die die Streckenkenntnis befürworteten) unzufrieden mit der Sicherheitskultur bezüglich Streckenkenntnis seien.

Zeitgleich wird durch die Fülle der vermuteten Ursachen deutlich, dass das Fahren mit eingeschränkter oder auch ohne Streckenkenntnis (dies kann aufgrund der Fragestellung hier nicht differenziert werden), durchaus üblich sein könnte.

### **4. Halten Tf die in Abschnitt 4 der VDV-Schrift 755 vorgegebenen Zeiträume zum Erlöschen der Streckenkenntnis für angemessen?**

Bezüglich der vierten Fragestellung lassen sich keine neuen Empfehlungen aussprechen. Mehr als die Hälfte der befragten Tf hielten die durch Abschnitt 4 der VDV-Schrift 755 festgelegten Zeiträume zum Erlöschen der Streckenkenntnis mit jeweils 12 Monaten bei schwierigen bzw. 24 Monaten bei einfachen Betriebsverhältnissen für angemessen. Ein besonderes Augenmerk ist jedoch darauf zu richten, dass ein Viertel der Befragten (26 %) angaben, dass der Zeitraum von 24 Monaten bis zum Verfall der Streckenkenntnis bei einfachen Verhältnissen zu lang ist. Einen konkreten Handlungsbedarf sieht die Autorin der vorliegenden Arbeit aber nicht.

### **5. Welche Aspekte spielen aus Sicht der Tf beim Streckenkenntniserwerb welche Rolle?**

Die Tf wurden im Fragebogen dazu aufgefordert, die in Frage 8 aufgeführten, der Anlage 1 der VDV-Schrift 755 entnommenen Teilaspekte hinsichtlich der Relevanz für Streckenkenntnis zu bewerten.

Dabei wurde deutlich, dass aus Sicht der befragten Tf fast alle Teilaspekte mindestens „eher wichtig“ für Streckenkenntnis waren und daher unbedingt in der Liste enthalten bleiben sollten. Es wurden aber nicht alle Teilaspekte der Anlage 1 erfragt, da sonst der Fragebogen zu umfangreich geworden wäre. Für die Begründung des Weglassens bestimmter Teilaspekte sei auf Anhang 2 verwiesen.

Die Tf hatten mittels der Frage 9 die Möglichkeit, weitere für sie streckenkenntnisrelevante Teilaspekte zu benennen. Somit kann geprüft werden, ob die von der Umfrage ausgeschlossenen Teilaspekte doch von Tf benannt wurden. Zum anderen sollen neue, die Anlage 1 der VDV-Schrift 755 ergänzende Teilaspekte ausfindig gemacht werden.

Folgende zwei Teilaspekte sind in der Anlage 1 enthalten, wurden in der Frage 8 des Fragebogens nicht berücksichtigt, aber dennoch zusätzlich von den Befragten benannt: „Infrastrukturangaben (Tunnel, Abschnitte mit NBÜ<sup>271</sup>; Tunnel)“ und „Besonderheiten der planmäßigen Schienenwege vom und zum Zug“ (als Bahnhofskennntnis in Zugangs- und Zugendbahnhöfen). Diese beiden Teilaspekte sollten demnach in der Anlage 1 berücksichtigt bleiben. Die übrigen im Anhang 2 der vorliegenden Arbeit aufgeführten Teilaspekte sollten VDV-intern noch einmal dahingehend diskutiert werden, ob diese wirklich in der Anlage 1 der VDV-Schrift 755 aufzuführen sind oder nicht. Die Begründungen zur Nichtberücksichtigung im Anhang 2 können dazu als Anregung dienen.

Es wurden zahlreiche weitere Teilaspekte benannt, die für Tf aus Sicht von Streckenkenntnis relevant sind. Dabei handelt es sich um Folgende:

- Reibungsverhältnisse in best. Situationen (Z.B. Jahreszeit, Witterung, Gefälle, Reibungsverluste infolge von Abgasen durch Industrieanlagen)
- Zuständigkeiten und -bereiche der Fdl auf der Strecke
- Unfallschwerpunkte / Gefahrenstellen (z.B. beliebte Stellen, an denen Personen die Gleise überqueren, Suizide)
- BÜ / BÜ-Einschaltstrecken
- Fahrzeitpuffer oder zu eng bemessene Fahrpläne / Verkehrsdichte und Zugattungen (ESF: Wirtschaftlichkeit)
- Bahnsteiglängen und-höhen
- Kenntnis der Signalbilder bei Verzweigungen ohne Zs 2
- Zu spät schaltende Signale
- Hinweise zu üblichen Betriebssituationen
- Sichern und Abstellen von Zügen im Störfall
- Überholmöglichkeiten von Zügen

---

<sup>271</sup> NBÜ = Notbremsüberbrückung

- La-Strecken, LÜ-Punkte
- Schlecht einsehbare Haltepunkte (Hinweise auf Bremseninsatzpunkt)
- Beleuchtungsverhältnisse, speziell bei Zs 3 der KS-Signale
- Stellen, an denen Anfahrt mit Güterzügen schwierig oder nicht möglich ist

Es wurde auch Streckenkenntnis für „Anschlussbahnen“ und „Nebenbahnen“ im Allgemeinen benannt. Gerade in diesen Bereichen sei diese für Tf wichtig, auf signaltechnisch ausgerüsteten Strecken ohne Besonderheiten jedoch weniger. Als weiteren Teilaspekt erachteten 2 Tf „spezielle, nicht in Vorschriften oder Weisungen enthaltene Bezeichnungen und Besonderheiten“ als relevant. Bevor eine Berücksichtigung dieser Aspekte in der VDV-Schrift 755 erfolgen kann, ist eine detaillierte Analyse der Anmerkungen vorzunehmen.

Auch waren zwei Befragte der Meinung, dass „Fahrplanfehler, Geschwindigkeitsänderungen bei bestimmten Buchfahrplanspalten“ wichtig beim Streckenkenntniserwerb sei. Dieser Aspekt ist zwar im Allgemeinen relevant, jedoch sollten technische Fehler, wie z.B. durch den elektronischen Buchfahrplan und Verzeichnis für Langsamfahrstellen (EBuLa), nicht durch Streckenkenntnis abgefangen, sondern prinzipiell behoben werden.

Zusätzlich soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass 83 Tf der Befragten „Bahnhofskenntnis“ und deren Aspekte als wichtig benannten. Im Anhang 6 sind alle Teilaspekte zur Bahnhofskenntnis zusammengefasst, die von den Befragten benannt worden sind. Die dort aufgeführte Anzahl der Benennungen kann als Hinweis darauf verstanden werden, wie wichtig die einzelnen Teilaspekte für Tf sind. Der VDV kann diese Liste als Anlass zur Diskussion nehmen, inwieweit und um welche Teilaspekte der Punkt „Bahnhofskenntnis in Zug- und Endbahnhöfen“ der Anlage 1 ergänzt werden sollte. Grundsätzlich ist zu überlegen, ob und inwieweit sich Streckenkenntnis von Bahnhofskenntnis trennen lässt.

Durch das Benennen und Bewerten von streckenkenntnisrelevanten Aspekten wurden Kenntnisse darüber gewonnen, um welche Zusatzinformationen in Form von streckenkenntnisrelevanten Aspekten die computerbearbeiteten Streckenkenntnisvideos des Projekt GPSInfradat ergänzt werden können. Auch wurde in Erfahrung gebracht, welche Aspekte in der Simulatorstudie zu berücksichtigen waren und welche nicht.

#### **6. + 7. Ist Streckenkenntnis für Tf bei verschiedenen Verkehrsarten und auf Haupt- oder Nebenbahnen unterschiedlich wichtig?**

Ob im Güter-, Personenfern- oder Personennahverkehr, Rangierbetrieb (Bahnhofskenntnis) oder auf Haupt- oder Nebenbahnen: Streckenkenntnis schätzten die Befragten für alle Bereiche als wichtig ein. Lediglich der Relevanz der Streckenkenntnis für den Sonderverkehr wurde als etwas geringer eingestuft. Der Unterschied war jedoch marginal. Obwohl z.B. die Mehrheit der befragten Tf im Personenverkehr tätig war, wurde Streckenkenntnis für den Güterverkehr aus Sicht dieses Personenkreises als genauso wichtig wie für den Personenverkehr eingestuft. Es können demnach keine Unterschiede hinsichtlich der Streckenkenntnisrelevanz der einzelnen Bereiche (Verkehrsart oder Haupt- oder Nebenbahnen) festgestellt werden.

## **4.4.2 Kritik zur Datenerhebung und Methodik**

### **4.4.2.1 Konstruktvalidität**

#### **Nichtbewerten von Teilaspekten**

Zwar bestand bei den Fragen 1 bis 11 die Möglichkeit, „keine Angabe“ zu machen. Ab und zu kam es bei der Beantwortung des Fragebogens dennoch vor, dass insbesondere bei den Matrixfragen ein Teilaspekt nicht bewertet worden ist. Diese Fragen wurden formal nicht als „Pflichtfragen“ hinterlegt (um einen Abbruch des Beantwortens zu verhindern). Dadurch war es nicht nachvollziehbar, ob ein Tf bewusst oder unbewusst (durch „Überlesen“) einen bestimmten Teilaspekt nicht bewertete.

#### **Situativer Bezug**

Die Fragen 4 und 5 des Onlinefragebogens erfragten die Einschätzung zur Situation „in Deutschland“ und bezogen sich nicht – wie bei den übrigen Fragen – auf die eigene Erfahrung des Tf. Dieses Vorgehen erlaubt zwar keinen Rückschluss auf die Inferenzpopulation, ein erster Eindruck kann aber vermittelt werden.

#### **Unterschiedliche Sachverhalte**

Die Frage 5 des Onlinefragebogens bezieht sich gleichzeitig auf zwei verschiedene Sachverhalte: Das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis und das Fahren ohne Streckenkenntnis. Es kann bei der Bewertung nicht nachvollzogen werden, für welchen der beiden Aspekte die Gründe vorrangig galten oder ob es unterschiedliche Gründe für die beiden Aspekte gab.

#### **Aufwendige Auswertung**

Der Auswertung der Antworten zu den Fragen 15 und 16 des Onlinefragebogens erwies sich als sehr aufwendig, da diese mittels der Likert-Skala beantwortet worden sind. Ein eindeutiges Zuordnen zu den Verkehrsarten war auf dem ersten Blick nicht möglich. Zwar sollte somit das Erfassen derjenigen Tf ermöglicht werden, die zum einen in unterschiedlichen Bereichen tätig waren und zum anderen dann auch häufiger in einem als in den anderen Bereichen eingesetzt wurden. Aufgrund der Probleme bei der Auswertung empfiehlt die Autorin für zukünftige Erhebungen mit ähnlicher Thematik die Fragen dahingehend zu ändern, indem nach dem überwiegenden Einsatzbereich gefragt wird. Denkbar sind die Antwortmöglichkeiten „Beides“ oder „Sonstiges“ für z.B. Testfahrten, wenn keine eindeutige Zuordnung möglich ist. Dadurch kann eine Einfachauswahl als Antwortmöglichkeit gewählt und die Auswertung deutlich erleichtert werden. Dieser Aspekt war unbedingt bei der Simulatorstudie zu beachten.

### **4.4.2.2 Externe Validität**

#### **Stichprobenziehung**

Im Kapitel 4.2.3.2 wurde bereits erläutert, warum das Ziehen einer „echten“ Zufallsstichprobe nicht möglich war und dass daher das Scheeballverfahren verwendet worden ist. Das bedeutet, dass sich die Ergebnisse der Studie nicht ohne weiteres auf die Grundgesamtheit der Tf übertragen lassen.



### **Merkmale der Teilnehmer**

Die Verteilung der Merkmale der Stichprobe führt zur Beurteilung der externen Validität. Denn auch die Realitätsnähe hat einen Einfluss auf diese und wird u.a. durch die Verteilung der Merkmale bewertet. Der Autorin der vorliegenden Arbeit liegen Kenntnisse zur Grundgesamtheit über die Alters- und Geschlechterverteilung der Tf sowie die wöchentliche Arbeitszeit und darüber vor, wie viele Tf in Voll- oder Teilzeit tätig sind. Wie viele Tf der Grundgesamtheit stets immer dieselben Strecken oder öfter neue befahren, im Personen- oder Güterverkehr tätig sind oder auf Haupt- oder Nebenbahnen fahren, ist nicht bekannt. Zudem kann lediglich die Struktur der 27722 sozialversicherungspflichtigen Schienenfahrzeugführer beschrieben werden, da über die Struktur der als Tf tätigen Beamten keine Daten vorliegen.

Unter der Annahme, dass das „Alter der Befragten“ stark von der „Tätigkeitsdauer als Tf“ abhängig ist, wurde darauf geschlossen, dass deutlich mehr ältere Tf an der Umfrage teilnahmen. Die Altersstruktur der Grundgesamtheit wird daher tendenziell durch die Stichprobe abgebildet, da die über 24-Jährigen in der Stichprobe genauso wie in der Grundgesamtheit überrepräsentiert waren. Von einer Tendenz ist hier die Rede, da sowohl der Prozentsatz der älteren Tf in der Stichprobe (= 65 %) von dem der Grundgesamtheit (94,3 %) abweicht als auch keine weitere Unterteilung der über 24-Jährigen in der Stichprobe analog zur Grundgesamtheit vorgenommen werden kann (siehe Kapitel 4.4.1.1).

Das Erfassen des Merkmals „Fahrleistung“ (Angabe der jährlichen Arbeitszeit) erlaubt keinen Vergleich der wöchentlichen Arbeitszeit zwischen der Stichprobe und der Grundgesamtheit. Zwar wählte die deutliche Mehrheit der Befragten (84 %) die Kategorie „bis zu 2000 Stunden“ im Jahr. Allerdings kann im Nachhinein nicht nachvollzogen werden, ob die Befragten tatsächlich annähernd 2000 Stunden jährlich arbeiten oder z.B. nur in Teilzeit tätig waren (denn die Kategorie erlaubte alle Angaben ab 500 Stunden jährlich). Somit kann auch kein Vergleich hinsichtlich des Merkmals „Voll- oder Teilzeit“ erfolgen. Dies wurde von der Autorin in Kauf genommen, da mit der Erfassung des Merkmals „Fahrleistung“ hauptsächlich die Bildung des Merkmals „Berufserfahrung“ erzielt werden sollte.

Im Fragebogen wurde es versäumt, das „Geschlecht der Teilnehmer“ zu erfragen. Dadurch kann nicht beurteilt werden, ob die Verteilung der weiblichen und männlichen Personen innerhalb der Stichprobe der Verteilung des Geschlechts innerhalb der Grundgesamtheit entspricht.

### **Einstellung der Teilnehmer**

Weiterhin beeinflusst die Einstellung der Teilnehmer die externe Validität, sie sollten möglichst ein „normales“ Verhalten aufweisen. Es ist bei Onlinebefragungen allgemein davon auszugehen, dass die beantwortenden Personen an dem Thema interessiert und hoch motiviert sind. Da die Umfrage freiwillig war, ist es denkbar, dass dahingehend eine gewisse Verzerrung stattfand.

Weiterhin kann durch die Zeiterfassung der Befragungssoftware technisch überprüft werden, wie lange jeder Befragte zum Beantworten der Umfrage brauchte. Knapp über die Hälfte der befragten Tf benötigte weniger als die geschätzte Zeit von 12 Minuten zur Bearbeitung des Fragebogens. 76 Tf benötigten zur Beantwortung der Fragen sogar unter 7 Minuten. Die Befragten mit kurzer Bearbeitungszeit beantworteten kaum bzw. wenn, dann nur mit wenigen Worten, die offenen Fragen. Erst ab einer Bearbeitungsdauer von 7 Minuten ist zu beobachten, dass teilweise ausführlicher auf die offenen Fragen geantwortet worden ist. Auch wenn die Bearbeitungszeit des Fragebogens von vie-

len Tf unterhalb der angesetzten Bearbeitungsdauer blieb, wird von einer Ernsthaftigkeit der Teilnehmenden ausgegangen werden. Zum einen spricht der Aspekt dafür, dass sich die kurzen Bearbeitungszeiten derjenigen Teilnehmer erklären lassen, die nicht auf die offenen Fragen antworteten. Zum anderen hätten sich die Befragten mit einer Bearbeitungsdauer von mehr als sechs Minuten sonst nicht beim Beantworten der offenen Fragen bemüht.

### **4.4.3 Fazit der Diskussion und Ausblick auf weitere Untersuchungen**

Ziel der Onlinebefragung war es zum einen, einen Überblick über Meinung der Tf bezüglich der aktuellen Situation zum Thema „Streckenkenntnis“ in Deutschland zu erhalten. Insofern es möglich war zu beurteilen, ob die Verteilungen innerhalb der Stichprobe den Verteilungen der Grundgesamtheit ähnlich sind, ist die Prüfung positiv (Altersstruktur). Es kann vermutet werden, dass die Stichprobe repräsentativ ist. Eine abschließende Aussage zur Repräsentativität ist jedoch nicht möglich. Daher ist davon auszugehen, dass lediglich die Meinungen der Tf der Stichprobe erfasst wurden.

Zum anderen sollten Empfehlungen für die Regelungen der VDV-Schrift 755 ausgegeben werden. Diese Untersuchung konnte explorativ erfolgen, denn hierbei wurden vor allem die Antworten der offenen Fragen herangezogen, die Grundlage für weitere Diskussionen bilden. Außerdem sollte durch die Befragung aufgezeigt werden, auf welche Aspekte ein besonderes Augenmerk bei der Versuchsdurchführung am Fahrsimulator zu richten war: Primär galt es hier, die Frage zu beantworten, welche der virtuellen Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs in der Simulatorstudie zu untersuchen waren.

Zunächst wird auf die Empfehlungen für den weiteren Umgang mit der Streckenkenntnis-Richtlinie (VDV-Schrift 755) eingegangen. Danach werden Empfehlungen für die Simulatorstudie gegeben.

#### **4.4.3.1 Empfehlungen für die Streckenkenntnis-Richtlinie (VDV-Schrift 755)**

Falls sich das CBT in den nächsten Jahren weiter entwickeln sollte und mehr als z.B. einen bearbeiten Film mit Hinweisen auf Signale darstellt, sollte die Methode „CBT“ als ergänzender Punkt im Abschnitt 3 der VDV-Schrift 755 zum Streckenkenntniserwerb aufgenommen werden. Es konnte bei einem Teil der Stichprobe festgestellt werden, dass dieser sich ein CBT zum Streckenkenntniserwerb vorstellen kann.

Die im vierten Abschnitt der VDV-Schrift 755 dargestellten Zeiträume zum Erlöschen der Streckenkenntnis hielten die befragten Tf im Großen und Ganzen für angemessen. Eventuell sollte sich im Nachgang über die Länge des Zeitraums von 24 Monaten bei einfachen Verhältnissen Gedanken gemacht werden, da ca. ein Viertel der Befragten diesen als zu lang empfand. Ein konkreter Handlungsbedarf wird aber nicht gesehen, da mehr als die Hälfte der Befragten den Zeitraum befürwortete.

In der Anlage 1 der VDV-Schrift 755 ist vermerkt ist, dass die Arbeitshilfe noch nicht abgeschlossen ist. Um die Liste zu ergänzen oder auch, um sie in bestimmten Teilaspekten zu kürzen, sei auf die Ausführungen zur Fragestellung 5 im Kapitel 4.4.1.2 verwiesen. Die dort aufgeführten (bzw. auf die dort verwiesenen) und beurteilten Teilaspekte kann der VDV zum Anlass nehmen, die Anlage 1 der VDV-Schrift 755 zu überarbeiten oder die Aspekte zu diskutieren. Grundsätzlich wurde deutlich, dass viele Tf „Bahnhofskenntnis“ als wichtig erachten. Daher ist zu überlegen, ob und inwieweit sich Streckenkenntnis von Bahnhofskenntnis trennen lässt.

### 4.4.3.2 Empfehlungen für die Simulatorstudie

Durch das entstandene Meinungsbild innerhalb der Stichprobe der Onlinebefragung war es möglich, weitere zu untersuchende Aspekte zu identifizieren. Von besonderem Interesse war es, welche Erwerbsmöglichkeiten in der Simulatorstudie zu untersuchen und zu bewerten waren. Durch die Onlinebefragung konnte ein erster Eindruck gewonnen werden. Wie von der Autorin erwartet, hatten die meisten Tf Erfahrungen mit den traditionellen Methoden zum Streckenkenntniserwerb und bewerteten diese auch als sehr geeignet. Ein auffälliges Ergebnis des Fragebogens war, dass trotz kaum vorhandener Erfahrung im Umgang mit virtuellen Verfahren zum Streckenkenntniserwerb, doch durchaus die befragten Tf zur Anwendung der virtuellen Verfahren zum Streckenkenntniserwerb bereit sind. Daher schien nicht nur aus wirtschaftlichen und effizienten Gründen eine tieferführende Untersuchung dahingehend lohnenswert, dass die traditionellen Methoden (wie die Mitfahrt im Führerraum oder das selbständige Fahren in Begleitung) mit den virtuellen Methoden (z.B. CBT) verglichen werden.

Wenn es gelingt, die Vorteile der traditionellen Methoden auf die virtuellen zu übertragen und die Nachteile der virtuellen Methoden auf ein Minimum zu reduzieren, wird die Akzeptanz der neuen Techniken steigen. Der umfangreiche Katalog in Kapitel 4.3.2.3 an Argumenten für die einzelnen Erwerbsmöglichkeiten stellt eine Hilfestellung bei der weiteren Entwicklung von virtuellen Methoden zum Streckenkenntniserwerb dar. Bei der Simulatorstudie sollten daher auch – gemäß der Ausführungen im Kapitel 2.5.7 – die mit einem CBT zu vermittelnden Informationen und Gestaltungshinweise identifiziert werden.

Wenngleich sich die Antworten auf Frage 4 der Onlinebefragung nicht auf die eigenen Erfahrungen der Tf bezogen, wird doch durch die Vermutungen der Tf deutlich, dass ein nicht unbeachtlicher Teil der Tf in Deutschland mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis „oft“ oder „immer“ fahren könnte. Daher war es durchaus sinnvoll, bei der Simulatorstudie auch die „Eignung“ des Fahrens mit eingeschränkter Streckenkenntnis zu untersuchen. Das heißt, es sollte untersucht werden, ob eingeschränkte Streckenkenntnis und somit der Verzicht auf das eigene Anschauen der Strecke für das sichere, pünktliche, wirtschaftliche Fahren sowie das persönliche Wohlbefinden ausreichend ist.

Mittels der Fragen 8 und 9 im Onlinefragebogen wurde explorativ erfasst, auf welche Aspekte bei der Versuchsdurchführung am Fahrsimulator ein besonderer Wert zu legen war. Es wurde die Wichtigkeit der einzelnen Teilaspekte für Streckenkenntnis erfragt und zusätzliche Teilaspekte wurden benannt. Die sowohl im Kapitel 4.3.2.7 und 4.3.2.8 als auch im Kapitel 4.4.1.2 (Interpretation der Fragestellung 5) aufgeführten Teilaspekte konnten als Anhaltspunkt dazu dienen, um eine geeignete Versuchsstrecke für die Simulatorstudie auszuwählen. Denn es sollten mehrere streckenkenntnisrelevante Teilaspekte im Versuch berücksichtigt werden, da nur so ein realistischer Vergleich möglich war.

Auch soll in der Simulatorstudie oder in weiteren durchzuführenden Untersuchungen das Alter der Teilnehmer erfasst werden, damit nicht durch „Umwege“ über die Tätigkeitsdauer als Tf auf das Alter geschlossen werden muss. Kenntnisse über das Alter der Teilnehmer sind relevant, um einen Zusammenhang zur Grundgesamtheit herstellen zu können. Das Gleiche gilt für das Merkmal „Geschlecht“.

## 4.5 Zusammenfassung

Im Kapitel 4 wurden zunächst die Ziele der durchgeführten Onlinebefragung hergeleitet. Demnach sollte sich nicht nur ein Überblick über die Meinung der Tf bezüglich der aktuellen Situation zum Thema „Streckenkenntnis“ in Deutschland verschafft werden. Sondern es galt auch Empfehlungen zu ermitteln, die sich auf die VDV-Schrift 755 bezogen. Weiterhin lag das Hauptaugenmerk darauf, welche Aspekte bei der Versuchsdurchführung am Fahrsimulator zu berücksichtigen und welche Möglichkeiten zum Erwerb der Streckenkenntnis zu untersuchen waren.

Um diese Ziele zu erreichen, wurde eine Onlinebefragung durchgeführt, die 559 Tf vollständig abschlossen. Da es sich bei der durchgeführten Onlinebefragung um eine Primäruntersuchung handelt, wurde die angewendete Methodik ausführlich beschrieben. Dabei wurde u.a. auf die gemessenen Variablen und den Fragenbogen inklusive der Frage- und Antwortbeschreibung eingegangen. Auch die Grundgesamtheit und die Methode der Stichprobenauswahl wurden beschrieben. Gerade die Ausführungen zur Grundgesamtheit werden im Kapitel 5 zur Simulatorstudie wieder verwendet.

Die Teilnehmer der Befragung wurden mittels eines Schneeballverfahrens gewonnen. Das heißt, dass durch diese willkürliche Stichprobenziehung nicht ohne weiteres von den Ergebnissen der Stichprobe auf die Grundgesamtheit der Tf in Deutschland geschlossen werden kann. Es entstand aber ein Eindruck über das Meinungsbild von Tf zur Thematik „Streckenkenntnis“, sodass es möglich war, Empfehlungen für die VDV-Schrift 755 und die Simulatorstudie explorativ zu erfassen. Diese wurden formuliert, nachdem die einzelnen Fragestellungen beantwortet und interpretiert wurden sowie die gesamte Studie kritisch gewürdigt worden war (siehe Kapitel 4.4.3). Dabei ist neben den Empfehlungen für die VDV-Schrift 755 das wichtigste Ergebnis, dass in der im nächsten Kapitel beschriebenen Simulatorstudie die traditionellen Möglichkeiten mit den virtuellen Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb miteinander zu vergleichen waren. Der eingeschränkte Streckenkenntniserwerb war außerdem in den Vergleich einzubeziehen. Auch sollten mit der Simulatorstudie die mit einem CBT zu vermittelnden Informationen und Gestaltungshinweise identifiziert werden.

## 5 Experimenteller Vergleich der Möglichkeiten zum Erwerb der Streckenkenntnis und Empfehlungen

Um die Möglichkeiten des Erwerbs der Streckenkenntnis bewerten zu können, wurde eine Simulatorstudie am Fahrsimulator des virtuellen Eisenbahnbetriebslabors des Instituts für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung (IfEV) der TU Braunschweig durchgeführt. Darüber hinaus sollen die mit einem CBT zu vermittelnden Informationen und Gestaltungshinweise identifiziert werden.

In diesem Kapitel wird über die Studie berichtet, indem zunächst in die genauere Thematik eingeführt wird. Danach werden die angewendete Methode erläutert und die Ergebnisse dargestellt. Das Kapitel wird mit einer Diskussion und einer Zusammenfassung der Ergebnisse abgeschlossen.

### 5.1 Untersuchungsgegenstand

In Kapitel 4.4.3.2 wurde hergeleitet, dass in der Simulatorstudie die traditionellen Methoden zum Streckenkenntniserwerb (das heißt Mitfahren oder selbständiges Fahren in Begleitung) mit den virtuellen Methoden (Filmaufnahmen, CBT, Simulatorfahrten) verglichen werden sollten. Außerdem sollte untersucht werden, ob das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis ausreichend ist.

Die Auswahl der zu betrachtenden Szenarien zum Streckenkenntniserwerb wurde durch folgende Randbedingungen der Untersuchung beeinflusst:

- Geplante Teilnehmerzahl
- Technische Machbarkeit
- Zeitdauer für die Durchführung des Experiments

Es konnte nur eine begrenzte Anzahl an Gruppen mit unterschiedlichen Methoden untersucht werden, da bei zu erwartender geringer Teilnehmeranzahl die Gruppengrößen sonst so klein gewesen wäre, dass eine inferenzstatistische Auswertung nicht mehr möglich gewesen wäre.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden traditionellen Methoden „Mitfahrt im Führerraum“ und „Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person“ wurde nicht erwartet. Denn diese sind sehr ähnlich, können bei beiden Möglichkeiten die Tf die Strecke „real“ erleben. Weitaus interessanter schien der Vergleich der traditionellen mit den virtuellen Möglichkeiten.

Es wurde sich daher dazu entschieden, als traditionelle Methode eine Kombination aus Mitfahrt und selbständiger Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person zu wählen.

Das Untersuchen aller drei virtuellen Methoden „Studium von Filmaufnahmen“, „CBT“ und „Simulatorfahrt“ war aufgrund der geringeren erwarteten Teilnehmerzahl nicht sinnvoll. Das „Studium von Filmaufnahmen“ und das „CBT“ sind in der Realität – im Gegensatz zum Simulator – nicht an einem bestimmten Standort gebunden. Zusätzlich kann ein Simulator stets nur von einer Person genutzt werden, wohingegen DVDs mit Filmaufnahmen oder CBT beliebig oft vervielfacht werden können. Das heißt, dass sich mit Streckenkenntniserwerb durch Simulatorfahrten wenige Vorteile realisieren lassen. Zusätzlich besteht durch die Computerbearbeitung der aufgenommenen Filmaufnahmen bei einem CBT die Möglichkeit, möglichst viele der bei Frage 3 des Onlinefragebogens benannten Nach-

teile zu eliminieren und benannte Vorteile der traditionellen Methoden einzubinden (z.B. durch das Einspielen von Informationen von Tf). Wie schon im Kapitel 2.2.1.4 erwähnt, wurden bereits um einige Informationen erweiterte Videos in der Praxis angewendet. Dieses kann auch weitgehend gleichgesetzt werden mit dem im Kapitel 2.2.1.4 beschriebenen Merkblatt-Film-Verfahren. Denn es stellt die Informationen mittels eines Ausdrucks in Papierform ergänzend zu den originalen Filmaufnahmen dar. Aus diesen Gründen wurde das „CBT“, welches als Erweiterung und Verbesserung der Filmaufnahme betrachtet wird, mit dem traditionellen Verfahren verglichen.

### 5.1.1 Fragestellungen

Folgende Fragestellungen werden betrachtet:

- 1. Kann gezeigt werden, dass ein CBT genauso gut zum Streckenkenntniserwerb geeignet ist wie eine Mitfahrt im Führerstand bei einem streckenerfahrenen Tf bzw. das selbständige Fahren der Strecke in Begleitung einer streckenkundigen Person?**
- 2. Ist der Erwerb der eingeschränkten Streckenkenntnis für das sichere, pünktliche, wirtschaftliche Fahren sowie das persönliche Wohlbefinden ausreichend und auf das Anschauen der Strecke im Vorfeld könnte sogar verzichtet werden?**

Im Kapitel 2.5.7 wurde zudem die Fragestellung aufgeführt, welche Informationen mit einem CBT vermittelt werden sollten und wie die Vermittlung erfolgen müsste. Daraus ergibt sich die dritte Fragestellung der Simulatorstudie:

- 3. Wird ein CBT akzeptiert und wie sollte es gestaltet sein?**

Im Folgenden wird erläutert, wie diese Fragestellungen beantwortet werden sollen.

### 5.1.2 Ziele und Hypothesen

Der Inhalt der Untersuchung fokussiert sich darauf, die im Kapitel 5.1.1 aufgeführten Fragestellungen zu beantworten. Ziel jeder Fahrt ist es, sicher, pünktlich und wirtschaftlich zu fahren und dass sich der Tf dabei wohl fühlt (siehe Kapitel 2.5.1.2). Die Eignung der Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb kann daran gemessen werden, ob diese Ziele erreicht werden. Um das Erreichen der vier Ziele zu bewerten, wurden das Blickverhalten und die Fahrweise derjenigen Versuchsteilnehmer untersucht, die auf unterschiedliche Art und Weise Streckenkenntnis erlangt und jeweils dieselbe Strecke befahren hatten. Zusätzlich wurden durch ein Interview erhobene subjektive Daten miteinander verglichen.

Es gilt herauszufinden, ob es Unterschiede in Abhängigkeit davon gibt, ob der Tf die Strecke bereits selbständig befahren hat (durch Mitfahrt oder selbständiges Fahren) oder ob der Tf die Strecke bisher nicht selbständig befahren, aber angesehen hat (durch CBT). Außerdem wurden Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis in die Betrachtung mit einbezogen, um einen Vergleich mit den anderen beiden Gruppen hinsichtlich des Blickverhaltens, der Fahrweise und der subjektiven Daten durchführen zu können. Aufgrund der Beobachtungen bei den Mitfahrten und dem Meinungsbild durch die Antworten der Tf bei der Onlinebefragung wird erwartet, dass es einen Unterschied der dritten Gruppe zu den ersten genannten Gruppen gibt.

Hinsichtlich der Beurteilung der Möglichkeiten zum Erwerb der Streckenkenntnis ergeben sich folgende Haupthypothesen:

- **Hypothese A: Das Fahren nach Streckenkenntniserwerb durch die Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren der Strecke in Begleitung ist erfolgreicher als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis.**
- **Hypothese B: Das Fahren nach Streckenkenntniserwerb durch ein computerbasiertes Training ist erfolgreicher als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis.**
- **Hypothese C: Das Fahren nach Streckenkenntniserwerb durch die Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren der Strecke in Begleitung ist genauso erfolgreich wie das Fahren nach Streckenkenntniserwerb durch ein computerbasiertes Training.**

Der „Erfolg“ einer Möglichkeit zum Erwerb der Streckenkenntnis soll mittels der Aspekte „Sicherheit“, „Pünktlichkeit“, „Wirtschaftlichkeit“ sowie „Persönliches Wohlbefinden“ der Tf beurteilt werden. Ein Tf fährt erfolgreich, wenn er sicher, pünktlich und wirtschaftlich fährt und sich dabei wohlfühlt.

Der Versuchsplan erlaubt eine zusätzliche Untersuchung, indem die Tf der Gruppe „Eingeschränkte Streckenkenntnis“ dreimal hintereinander die Strecke befahren und die Blick-, Fahr- und subjektiven Daten dieser Gruppe jeweils von der ersten mit denen der dritten Fahrt verglichen werden (Zusatzuntersuchung). Damit soll untersucht werden, ob und wie die aufgezeichneten Daten sich verändern und ein Lerneffekt vorliegt.

Die Zusatzhypothese vermutet, dass durch das mehrmalige Befahren einer Strecke ohne streckenkenntnisrelevante Erläuterungen ein Lerneffekt auftritt. Das bedeutet, dass nach mehrmaligem Befahren einer Strecke der Tf erfolgreicher fährt als dies beim erstmaligen Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis der Fall war.

Zusätzlich wird explorativ im Rahmen einer Nebenuntersuchung untersucht, wie die Teilnehmer die computergestützten Videos gestalten würden, ob sie diese generell akzeptierten und welche Vor- und Nachteile die Tf bei der Anwendung eines CBT sahen.

## 5.2 Methode

Im vorliegenden Kapitel wird die Versuchsmethodik der Simulatorstudie vorgestellt. Dabei wird zunächst auf die Versuchsteilnehmer eingegangen, bevor der Versuchsplan detailliert erläutert wird. Im Kapitel 5.2.3 werden die verwendeten Materialien und Geräte beschrieben. Im Anschluss daran erfolgt eine Beschreibung der Durchführung und der Analyseverfahren.

### 5.2.1 Versuchsteilnehmer

Zu den Versuchen wurden nur Personen eingeladen, die zu diesem Zeitpunkt als Tf in Deutschland tätig waren. In Deutschland gab es 32722 Personen, die als Tf in Deutschland tätig waren (hierzu sei auf Kapitel 4.2.3.1 der vorliegenden Arbeit verwiesen). Zur Einteilung der Versuchsteilnehmer in Gruppen (siehe dazu Kapitel 5.2.2.5) wurden alle Versuchsteilnehmer im Vorfeld gebeten, Angaben

darüber zu machen, welche Verkehrsart sie fuhren (z.B. Personen- oder Güterverkehr), wie lange sie bereits als Tf tätig waren und ob die Ausübung des Berufs als Haupt- oder Nebentätigkeit<sup>272</sup> erfolgte.

#### **5.2.1.1 Methode der Stichprobenauswahl**

Zum einen bestand – wie auch schon beim Onlinefragebogen – nicht die Möglichkeit, alle in Deutschland tätigen Tf zu kontaktieren, da diese der Autorin nicht bekannt waren und dementsprechend keine Kontaktdaten vorlagen. Zum anderen war die Durchführung des Experiments lokal an Braunschweig gebunden, was vermutlich die Teilnahmebereitschaft aufgrund der teilweise deutschlandweiten Anreise reduzierte. Die Ziehung einer „echten“ Zufallsstichprobe war daher nicht möglich und es musste auch hier auf das Schneeballverfahren zurückgegriffen werden, in der Hoffnung, damit aussagefähige Ergebnisse zu erlangen.

Als beeinflussende Eigenschaften wurden von der Autorin der vorliegenden Arbeit vor allem die Berufserfahrung des Tf (Fahrerfahrung und -leistung) und die Art des Verkehrs (Reisezug, Güterzug) angesehen. Im Kapitel 4 wurden diese Merkmale ebenfalls im Fragebogen berücksichtigt. Die Erfassung des Geschlechts wurde als nicht wichtig erachtet, da die Tätigkeit des Tf fast ausschließlich durch männliche Personen ausgeführt wird (siehe dazu Kapitel 4.2.3.1 der vorliegenden Arbeit: 3,6 % Frauenanteil). Die gleichmäßige Verteilung der genannten Merkmale und ihrer Kombinationen gestaltete sich bei der Stichprobenauswahl als anspruchsvoll, da aufgrund der lokalen Beschränkung auf Braunschweig und der Durchführung des Experiments auf Basis der Freiwilligkeit das Gewinnen von Versuchsteilnehmern schwierig war. Es konnte nicht zwischen den freiwillig gemeldeten Tf hinsichtlich der Merkmale selektiert werden, da ansonsten die Teilnehmerzahl zu gering gewesen wäre.

#### **5.2.1.2 Art und Weise des Anwerbens**

Das Anwerben von Teilnehmern erfolgte zunächst per E-Mail. Im Anhang 8 ist der Einladungstext der E-Mail abgebildet. Diese wurde an alle Tf, die bereits an der Onlineumfrage teilgenommen hatten und für Rückfragen zur Verfügung standen, versendet. Außerdem wurde die E-Mail in einem Tf-Portal veröffentlicht. Zusätzlich konnten weitere Versuchsteilnehmer durch Kontakte der an der Studie teilnehmenden Tf gewonnen werden. Die Teilnahme an der Studie erfolgte freiwillig und wurde mit einem Betrag i.H.v. 25 Euro vergütet.

#### **5.2.1.3 Zahl und Eigenschaften der Versuchsteilnehmer**

An der Studie nahmen insgesamt 31 männliche Tf teil. Alle Versuchsteilnehmer verfügten über normale oder durch Brille oder Kontaktlinsen auf normales Niveau korrigierte Sicht.

Das Durchschnittsalter betrug 39 Jahre bei einer Standardabweichung von 13,3 Jahren. Der jüngste Versuchsteilnehmer war 20 Jahre und der älteste Teilnehmer 61 Jahre alt. Zur Gruppe der „unter 25-Jährigen“ gehörten 26 % der Teilnehmer. 61 % der Teilnehmer war zwischen „25 und unter 55 Jahre“ alt. Zu der Gruppe der „55- bis unter 65-Jährigen“ zählten 13 % der Teilnehmer.

Die meisten Teilnehmer waren im Personenverkehr tätige Tf ( $n = 20$  (64 %)). Aus dem Bereich Güterverkehr beteiligten sich 7 Teilnehmer (23 %). Ein Tf (3 %) fuhr sowohl Güter- als auch Reisezüge

---

<sup>272</sup> Das Merkmal „Haupt- oder Nebentätigkeit“ wurde zur Beurteilung des Aspekts betrachtet, ob ein Teilnehmer häufig oder selten die Tätigkeit eines Tf ausübt.



(„Beides“) und 3 Tf wurden der Kategorie „Sonstiges“ (dazu zählen z.B. Versuchsfahrten oder Museumsbahnfahrten) zugeordnet (10 %).

Des Weiteren wurden die Teilnehmer der Studie hinsichtlich ihrer Tätigkeitsdauer unterschieden. Dabei wurden sie in drei Kategorien eingeteilt: „unter 1 Jahr“, „zwischen 1 und unter 5 Jahren“ und „über 5 Jahre“. Drei Teilnehmer waren unter 1 Jahr (10 %) und 9 Teilnehmer (29 %) zwischen 1 und unter 5 Jahren beschäftigt. Die Mehrheit bildeten die Tf, die länger als 5 Jahre im Besitz eines gültigen Triebfahrzeugführerscheins waren. Die Teilnehmerzahl belief sich hier auf 19 (61 %). Bis auf 4 Teilnehmer (13 %) waren alle hauptberuflich (87 %) als Tf tätig.

## 5.2.2 Versuchsplan

Ziel war es, die Auswirkungen der drei Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs (Streckenkenntniserwerb durch Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren in Begleitung, Streckenkenntniserwerb durch computerbasiertes Training, eingeschränkter Streckenkenntniserwerb) auf die Güte der Erfüllung der Ziele „Sicherheit“, „Pünktlichkeit“ und „Wirtschaftlichkeit“ eines Tf und dessen „persönlichen Wohlbefindens“ während der Fahrt zu messen. Im Rahmen der Simulatorstudie gilt es zu beurteilen, inwiefern die Tf unter diesen verschiedenen Bedingungen „gut“ fahren können. Um zu vergleichbaren Ergebnissen zu kommen, wurden Messwerte des Blick- und Fahrverhaltens sowie des subjektiven Empfindens betrachtet.

### 5.2.2.1 Darstellung und Begründung

Bei dem Versuchsplan der *Hauptuntersuchung* handelte es sich um einen *einfaktoriellen dreistufigen multivariaten Versuchsplan*, bei der *Zusatzuntersuchung* um eine *Messwiederholung*. Der gesamte Versuchsplan ist in Tabelle 16 dargestellt und wird anschließend im Zusammenhang mit den einzelnen Begriffen näher erläutert.

**Tabelle 16: Darstellung des Versuchsplans**

UV „Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs“		Hauptuntersuchung	Zusatzuntersuchung	
		Erste Fahrt	Zweite Fahrt	Dritte Fahrt
Stufen	Eingeschränkte Streckenkenntnis	Versuchsteilnehmer Nr. 1 ... 10	Versuchsteilnehmer Nr. 1 ... 10	Versuchsteilnehmer Nr. 1 ... 10
	Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren in Begleitung	Versuchsteilnehmer Nr. 11 ... 20	-	-
	Computerbasiertes Training	Versuchsteilnehmer Nr. 21 ... 31	-	-

### Einfaktorieller Versuchsplan

Als „Faktor“ wurde die UV „Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs“ untersucht. Weitere Faktoren wurden nicht betrachtet. Bei den Eigenschaften (z.B. Fahrerfahrung und -leistung) handelte es sich lediglich um Persönlichkeitsmerkmale, die gleichmäßig auf die Gruppen der Versuchsteilnehmer verteilt wurden.

### **Dreistufiger Versuchsplan**

Die Versuchsteilnehmer wurden gleichmäßig *drei unterschiedlichen Gruppen (= Stufen)* zugeordnet. Die Gruppen bzw. Stufen unterscheiden sich jeweils in der Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs.

Die Teilnehmer der *ersten Stufe* befuhren die Versuchsstrecke mit *eingeschränkter Streckenkenntnis*. Das heißt, dass sie die Strecke vorher noch nie befahren hatten und nur die betrieblichen Unterlagen und den Buchfahrplan kannten. Sie sollten die Versuchsstrecke jedoch nicht mit eingeschränkter Geschwindigkeit befahren, sondern die zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit erreichen, um die Messwerte (wie z.B. Fahrzeit) mit den anderen Gruppen vergleichen zu können. Es werden bei der Stufe mit eingeschränkter Streckenkenntnis zwar die gleichen Voraussetzungen erfüllt wie in der VDV-Schrift 755, dennoch dürfen die Teilnehmer *ohne Einschränkung der Geschwindigkeit* fahren.

Die Teilnehmer der *zweiten Stufe* kannten die Versuchsstrecke bereits vor der Messfahrt, da sie die Strecke am Simulator durch *eine Mitfahrt beim streckenkundigen Tf und eine selbständige Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person* befahren hatten. Als streckenkundige Person fungierte in beiden Fällen die Autorin der vorliegenden Arbeit, die gleichzeitig auch die Aufgabe der Versuchsleitung übernahm.

Die Teilnehmer der *dritten Stufe* kannten die Versuchsstrecke ebenfalls vor der Messfahrt durch das zweimalige *Anschauen eines computerbearbeiteten Videos*. Bei diesem Video wurden die notwendigen Informationen (die denen einer Mitfahrt entsprachen) durch Animationen und Audio- sowie Texthinweise vermittelt.

### **Multivariater Versuchsplan**

Bei dem Experiment wurde nicht nur die Auswirkung der UV auf das Blick- und Fahrverhalten, sondern auch auf subjektive Daten bei allen Versuchsteilnehmern der drei Stufen untersucht. Dies erfolgte wiederum durch die unterschiedlichsten Messwerte (siehe Kapitel 5.2.2.2). Somit handelte es sich um einen *multivariaten Versuchsplan*. Da bei der *statistischen Auswertung* jeweils die einzelnen Parameter untersucht wurden, fanden jedoch *univariate Verfahren* ihre Anwendung.

### **Unabhängiger Versuchsplan und Plan mit Messwiederholung**

In der eingangs dargestellten Tabelle 16 wurde zwischen der Haupt- und Zusatzuntersuchung differenziert. Durch die Nummerierung soll verdeutlicht werden, wann und mit welchen Teilnehmern eine Messwiederholung durchgeführt wurde und wo unabhängige Gruppen untersucht worden sind.

Bei der *Hauptuntersuchung* wurden die Auswirkungen der Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs auf die verschiedenen Messgrößen untersucht, um die Hypothesen bestätigen oder verwerfen zu können. Hierbei handelte es sich um einen *unabhängigen Versuchsplan*. Das heißt in dem Fall der Hauptuntersuchung wurden zwischen den drei Stufen bzw. Gruppen „Eingeschränkte Streckenkenntnis“, „Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren in Begleitung“ oder „computerbasiertes Training“ unterschieden. Bei der Hauptuntersuchung konnte kein abhängiger Versuchsplan umgesetzt werden, denn die Versuchsteilnehmer bei Streckenkenntniserwerb durch Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren in Begleitung oder durch computerbasiertes Training kannten die Versuchsstrecke bereits. Eine Fahrt mit eingeschränkter Streckenkenntnis hätte nicht mehr vorgenommen werden können. Zudem war bekannt, dass die Versuchsteilnehmer aus weiten Teilen Deutschlands am selben Tag mit dem Zug

an- und abreisen würden. Der Versuch musste folglich zeitlich eingegrenzt werden. Ein abhängiger Versuchsplan nimmt stets mehr Zeit zur Durchführung des Experiments in Anspruch.

Bei der *Zusatzuntersuchung* handelte es sich um einen *Plan mit Messwiederholung*. Es erfolgte hierbei die Erhebung der Messdaten der zweiten und dritten Fahrt derjenigen Versuchsteilnehmer, die bei der ersten Messfahrt über eingeschränkte Streckenkenntnis verfügten. Denn wie bei der ersten Fahrt der Gruppen „Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren in Begleitung“ und „Computerbasiertes Training“ hatten auch die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkte Streckenkenntnis“ die Versuchsstrecke bei der dritten Fahrt bis dahin zweimal gesehen. Daher konnte die dritte Fahrt der Versuchsteilnehmer Nr. 1 bis 10 (siehe Tabelle 16) annähernd gleichgesetzt werden mit der ersten Fahrt der beiden Gruppen „Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren in Begleitung“ und „Computerbasiertes Training“. Wenn eine Verbesserung der Messdaten der dritten gegenüber der ersten Fahrt eintritt, kann von einem Lerneffekt ausgegangen werden. Ein Vergleich der dritten Fahrt der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkte Streckenkenntnis“ mit der ersten Fahrt der Teilnehmer der Gruppen „Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren in Begleitung“ und „Computerbasiertes Training“ liegt nicht im Rahmen der Betrachtungen der vorliegenden Arbeit. Die Daten hierzu liegen vor und können für Folgeuntersuchungen verwendet werden.

#### **5.2.2.2 Definition der unabhängigen und abhängigen Variablen**

Die UV „*Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs*“ wird in die drei Stufen „Eingeschränkte Streckenkenntnis“, „Streckenkenntnis durch Mitfahrt und selbständiges Fahren in Begleitung“ und „Streckenkenntnis durch computerbasiertes Video“ unterteilt. Die drei Stufen der UV werden im restlichen Verlauf der vorliegenden Arbeit vereinfacht wie folgt abgekürzt: „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“. Sie wurden bereits im vorherigen Kapitel näher erläutert.

Bei einem Versuchsplan mit einer UV und drei Stufen sind typischerweise folgende Fragestellungen zu beantworten: Wirkt die UV? Welche Gruppen unterscheiden sich?<sup>273</sup> Um dies beantworten zu können, müssen den Hypothesen *beobachtbare Phänomene* (AV) zugeordnet werden. Die Abstufung der UV sollte systematisch bestimmte Veränderungen in den AV, d.h. den Messwerten, hervorrufen. Die im durchgeführten Experiment erfassten Messwerte sind zunächst tabellarisch mit einer Zuordnung zu der Art der Daten, den Zielen des Tf, den Stufen der UV und den Hypothesen dargestellt (siehe Tabelle 17) und werden anschließend im Detail erläutert.

---

<sup>273</sup> Vgl. Vollrath (2015), S. 669 und 672 f.

**Tabelle 17: Übersicht – Zuordnung der AV und UV zu den Zielen eines Tf, Art der Daten und den Hypothesen**

		Ziele des Tf	UV „Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs“			Erwartete Ergebnisse der Hauptuntersuchung bezogen auf die Hypothesen
		[siehe Kapitel 2.5.1.2]	Stufe 1 „Eingeschränkt“	Stufe 2 „Fahren“	Stufe 3 „CBT“	Die einzelnen AV werden den drei Hypothesen A bis C aus Kapitel 5.1.2 zugeordnet.
Abhängige Variablen	Blickdaten	Sicherheit	AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke			Es wird angenommen, dass sich unter der Bedingung „Eingeschränkt“ ein signifikant kleinerer prozentualer Blickanteil auf die Strecke und ein größerer prozentualer Blickanteil in den Fahrplan als bei den Bedingungen „Fahren“ und „CBT“ ergibt. Die prozentualen Anteile der Stufen „Fahren“ und „CBT“ werden sich nicht voneinander unterscheiden.
			AV 2: Grad der Fixation schlecht einsehbarer Signale			Vermutet wird, dass bei der Stufe „Eingeschränkt“ die Teilnehmer häufiger das Signal am Horizont suchen als die Versuchsteilnehmer der Stufen „Fahren“ und „CBT“. Dahingegen werden sich die Stufen „Fahren“ und „CBT“ kaum voneinander unterscheiden und die Teilnehmer werden überwiegend mit gezieltem Blick auf das Signal bzw. rechte Seite des Gleises schauen.
	Fahrdaten	Pünktlichkeit	AV 3: Mittelwert der Bremszeiten bis zum Stillstand in Bf			Es wird angenommen, dass sich ein signifikant größerer Mittelwert (= längere Bremszeit auf einen Halt) bei der Stufe „Eingeschränkt“ als bei den Stufen „Fahren“ und „CBT“ ergibt. Dahingegen werden sich die Mittelwerte bei den beiden letzten genannten Stufen nicht unterscheiden.
			AV 4: Mittelwert der Fahrzeit			Es ist zu erwarten, dass der Mittelwert der Stufe „Eingeschränkt“ signifikant größer ist als die Mittelwerte der Stufen „Fahren“ und „CBT“. Die Mittelwerte der Stufen „Fahren“ und „CBT“ werden sich nicht unterscheiden.
		Wirtschaftlichkeit	AV 5: Mittelwert des Energieverbrauchs			Bei der Stufe „Eingeschränkt“ wird ein größerer Mittelwert als bei den Stufen „Fahren“ und „CBT“ erwartet. Bei den beiden Stufen „Fahren“ und „CBT“ sind annähernd gleiche Mittelwerte zu erwarten.
			AV 6: Anzahl der unnötigen Bremshebelbetätigungen			Vermutet wird, dass bei der Stufe „Eingeschränkt“ mehr unnötige Bremshebelbetätigungen vorgenommen werden als bei den Stufen „Fahren“ und „CBT“ ist. Dahingegen werden sich die Stufen „Fahren“ und „CBT“ hinsichtlich der Anzahl nicht signifikant voneinander unterscheiden.
	Subjektive Daten	Persönliches Wohlbefinden	AV 7: Mittelwert des Gefühls der Vorbereitung			Bei der Stufe „Eingeschränkt“ wird ein signifikant kleinerer Mittelwert als bei den Stufen „Fahren“ und „CBT“ erzielt. Bei den letzten genannten Stufen wird sich ein annähernd gleicher Mittelwert ergeben.
			AV 8: Mittelwert des Gefühls der Sicherheit im Umgang mit der Strecke			Vermutet wird, dass bei der Stufe „Eingeschränkt“ der Mittelwert kleiner als bei den Stufen „Fahren“ und „CBT“ ist. Dahingegen werden sich die Stufen „Fahren“ und „CBT“ hinsichtlich des Mittelwertes nicht signifikant voneinander unterscheiden.
			AV 9: Mittelwert des Gefühls der Anstrengung			Vermutet wird, dass bei der Stufe „Eingeschränkt“ der Mittelwert kleiner als bei den Stufen „Fahren“ und „CBT“ ist. Dahingegen werden sich die Stufen „Fahren“ und „CBT“ hinsichtlich des Mittelwertes nicht signifikant unterscheiden.

Die Hypothesen wurden anhand verschiedener Messwerte zum „Blickverhalten“, „Fahrverhalten“ und zur „subjektiven Empfindung“ untersucht. Diese Überlegungen wurden von einem beratenden Experten<sup>274</sup> evaluiert und sind durch die Berücksichtigung der Fragebogenauswertung (bezogen auf die streckenspezifischen Aspekte) entstanden.

Die Blickdaten wurden mit dem Blickerfassungssystem *Dikablis* und die Fahrdaten mit der Simulation *Zusi* erfasst. Beide Systeme werden im Kapitel 5.2.3 erläutert. Außerdem wurde im Rahmen des Experiments mit den Versuchsteilnehmern ein Interview durchgeführt, um u.a. die subjektiven Daten zu erheben. Der Interviewbogen wird ausführlich im Kapitel 5.2.3.6 beschrieben.

Die Erläuterung der Messwerte erfolgt im Folgenden chronologisch zu den Ausführungen in Tabelle 17.

#### **AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke**

Der prozentuale Anteil der Blicke wird aus der Summe der Blickdauern dividiert durch das ausgewählte Zeitintervall berechnet.<sup>275</sup> Bezüglich der AV 1 ist die Betrachtung der gesamten Fahrt von Bedeutung. Weiterhin ist interessant, ob und welche Unterschiede hinsichtlich der Blicke zwischen der Fahrt und der Aufenthalte in den Bahnhöfen oder Haltepunkten (Stillstand) bestehen. Untermauert wird die Bewertung der Hypothesen mittels der prozentualen Blickanteile in weiteren relevanten Bereichen, bei denen es sich um streckenspezifische Aspekte handelte: einem Tunnel, einem Fahrtanzeiger, eine Steigung und einem unmittelbar nach einem Bahnhof folgenden Haltepunkt. Die vier Bereiche werden im Kapitel 5.2.3.3 ausführlich beschrieben.

Bezogen auf die drei Hypothesen wird angenommen, dass sich unter der Bedingung „Eingeschränkt“ die prozentualen Blickanteile gegenüber der Bedingung „Fahren“ und auch „CBT“ von nicht relevanten Beobachtungsbereichen über die Strecken- und Instrumentenbereiche hin zum Fahrplan verschieben. Somit haben Tf mit Streckenkenntnis mehr Zeit zur Verfügung, um die Strecke zu beobachten oder anderen wichtigen, während der Fahrt anfallenden Tätigkeiten nachzukommen. Die Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis müssen häufiger in den Fahrplan schauen (dieser ist ihnen noch nicht geläufig, da die Strecke nicht einmal „Live“ abgefahren wurde). Unter den Bedingungen „Fahren“ und „CBT“ findet keine Verschiebung des prozentualen Blickanteils statt. Das heißt, dass sich die Mittelwerte der beiden Stufen „Fahren“ und „CBT“ nicht signifikant voneinander unterscheiden und deren Mittelwerte der prozentualen Blickanteile in den Fahrplan kleiner sind als der entsprechende Mittelwert der Stufe „Eingeschränkt“. Da die Tf der beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ die Strecken gleich oft gesehen haben und diese gleich gut kennen, wird auch ein gleiches bzw. sehr ähnliches Blickverhalten bei den Teilnehmern dieser beiden Gruppen vermutet. Wenn die Sicherheit mithilfe der Blickanteile betrachtet wird, ist vor allem der prozentuale Blickanteil auf die Strecke, d.h. die Streckenbeobachtung, relevant. Gemäß der Hypothesen wird der Mittelwert des prozentualen Blickanteils auf die Strecke bei der Gruppe „Eingeschränkt“ kleiner als bei den beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ sein.

Als Zusatzuntersuchung der Beobachtungen werden jeweils die prozentualen Blickanteile der ersten und dritten Fahrt der Teilnehmer der Stufe „Eingeschränkt“ miteinander verglichen. Es wird vermu-

---

<sup>274</sup> Bei der Entwicklung des Experiments stand Herr Carsten Hölscher (Zusi) als beratender Experte zur Verfügung.

<sup>275</sup> Vgl. Ergoneers GmbH (2013), S. 50 f.

tet, dass sich von der ersten zur dritten Fahrt die prozentualen Blickanteile in den Fahrplan zu nicht relevanten Beobachtungsbereichen sowie Strecken- und Instrumentenbereiche verschieben. Das bedeutet, dass der Mittelwert der prozentualen Blickanteile in den Fahrplan bei der ersten Fahrt signifikant größer und der Mittelwert der prozentualen Blickanteile in den Fahrplan signifikant kleiner bei der dritten Fahrt ist.

### **AV 2: Grad der Fixation schlecht einsehbarer Signale**

Auf einer Strecke kann es dazu kommen, dass Signale schlecht einzusehen sind (z.B. durch eine unübersichtliche Rechtskurve). Zur Untersuchung der Hypothesen wird daher bewertet, welchen Einfluss die Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs darauf haben, wie schnell bzw. gut ein derartiges Signal und der zugehörige Signalbegriff erkannt werden können. Dazu wurde als zweite AV des Blickverhaltens der Grad der Fixation schlecht einsehbarer Signale erfasst. Auf der Versuchsstrecke waren zwei Signale schlecht einzusehen: das Esig von Frellendorf hinter einem Tunnel und das Ausfahrsignal (Asig) von Frellendorf, das mittels eines Fahrtanzeigers angekündigt wurde. Auch auf diese beiden Aspekte wird im Kapitel 5.2.3.3 näher eingegangen.

Die Signale waren zunächst am Horizont sehr klein dargestellt und das Messen des Zeitpunktes, an dem ein Versuchsteilnehmer das erste Mal auf das Signal blickte, war aufgrund der Ungenauigkeit des Blickerfassungssystems nicht möglich. Darum wurde sich für folgendes Vorgehen entschieden. Es wurde zwischen zwei Fixationsstufen unterschieden: Ein Versuchsteilnehmer „suchte das Signal am Horizont“, wenn sein Blick nicht auf einem bestimmten Punkt auf der Strecke und am Horizont ruhte (das Fadenkreuz der Blickerfassung bewegte sich hin und her). Wenn sich das Fadenkreuz jedoch kaum bewegte und auf einem bestimmten Punkt (hier das Signal) gerichtet war, wird dies als „gezielter Blick auf das Signal bzw. auf die rechte Seite des Gleises“ bezeichnet. Bei der Bewertung handelt es sich nicht um einen quantitativen Datensatz, sondern es wurden für die Erfassung der Daten die einzelnen Videoaufzeichnungen angeschaut. Es wurde zugunsten einer korrekten wissenschaftlichen Beurteilung bei Unsicherheit bezüglich der Zuordnung zu der Bewertungsstufe die Entscheidung für die Auswahl „Nicht erkennbar/Nicht verwendbar“ getroffen.

Gemäß der drei Hypothesen wird bei der Hauptuntersuchung erwartet, dass unter den Bedingungen „Fahren“ und „CBT“ der Signalbegriff schneller bzw. besser erkannt wird als unter der Bedingung „Eingeschränkt“. Das bedeutet, dass bei der Stufe „Eingeschränkt“ die Teilnehmer häufiger das Signal am Horizont suchen als die Versuchsteilnehmer der Stufen „Fahren“ und „CBT“. Dahingegen unterscheiden sich die Stufen „Fahren“ und „CBT“ kaum voneinander und die Teilnehmer schauen überwiegend mit „gezieltem Blick auf das Signal bzw. auf die rechte Seite des Gleises“.

Bei der Zusatzuntersuchung wird der Fixationsgrad der ersten und der dritten Fahrt der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ miteinander verglichen. Dabei ist zu erwarten, dass bei der dritten Fahrt mehr Teilnehmer mit „gezieltem Blick auf das Signal bzw. rechte Seite des Gleises“ schauen als bei der ersten Fahrt.

### **AV 3: Mittelwert der Bremszeiten bis zum Stillstand in Bf**

Die Bremszeit wurde in den Bahnhöfen bzw. Haltepunkt bis zum Stillstand erfasst. Damit gilt es zu untersuchen, ob ein über Streckenkenntnis verfügender Tf besser und schneller zum Halten kommt

als ein Tf, der die Strecke nicht kennt. Dazu wurden die Bremszeiten der insgesamt vier Halte (drei Bahnhöfe und ein Haltepunkt) addiert.

Als Startpunkt zur Erfassung der Bremszeit wurde der Bahnsteigkantenanfang definiert. Zwar wurden die Bremsungen schon früher eingeleitet, jedoch erfolgte dies bei jedem Tf zu einem anderen Zeit- bzw. Wegpunkt. Zusätzlich wird der Bremseinsatzzeitpunkt u.a. von der aktuell gefahrenen Geschwindigkeit beeinflusst, die auch von Tf zu Tf unterschiedlich war. Um ein vergleichbares Ergebnis zu erlangen, wurde daher der Bahnsteigkantenanfang gewählt. Denn an diesem Wegpunkt hatte bereits jeder Tf – unabhängig von der zuvor gefahrenen Geschwindigkeit – mit der Bremsung begonnen. Der restlich verbleibende Weg bis zum Stillstand des Zuges am Bahnhof und die dafür benötigte Zeit sollten genügen, um die Bremszeiten miteinander vergleichen zu können. Als Zielpunkt zur Erfassung der Bremszeit wurde kein vorher definierter Wegpunkt gewählt: Die Erfassung der Bremszeit endete genau an dem Punkt, als der Zug den Stillstand erreichte ( $v = 0$ ). Denn die Tf sollten mit dem Zug zwar am Ende des Bahnsteigs halten, jedoch wurde dies nicht von jedem Versuchsteilnehmer umgesetzt. Der Wegpunkt „Bahnsteigende“ konnte deswegen nicht gewählt werden. Die relevanten Zeiten wurden dem ausgegebenen Datensatz der Simulation entnommen.

Bei der Hauptuntersuchung der Bremszeiten wird angenommen, dass der Mittelwert der Stufe „Eingeschränkt“ signifikant größer ist als die Mittelwerte der beiden Stufen „Fahren“ und „CBT“. Die Mittelwerte der Stufen „Fahren“ und „CBT“ unterscheiden sich entsprechend der Hypothese C nicht signifikant voneinander, da durch die Informationen im CBT und die Informationen durch den Kollegen bei der Mitfahrt bereits markante Bremseinsatzzeitpunkte bekannt waren. Dies ist beim Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis nicht möglich, denn die Teilnehmer hatten die Strecke im Vorfeld nicht gesehen.

Um im Rahmen der Zusatzuntersuchung zu prüfen, ob sich mit der Anzahl der Fahrten auf einer bestimmten Strecke auch die Bremszeiten bis zum Stillstand verringerten, werden die Mittelwerte der ersten und dritten Fahrt der Stufe „Eingeschränkt“ miteinander verglichen. Im Sinne der Hypothesen bedeutet dies, dass der Mittelwert der ersten Fahrt signifikant größer als der Mittelwert der dritten Fahrt ist.

### **AV 4: Mittelwert der Fahrzeit**

Die Erfassung der Fahrzeit erfolgte vom Beginn bis zum Ende der Aufzeichnung. Das heißt ab dem Zeitpunkt, zu dem die Versuchsteilnehmer im Startbahnhof abfahren durften bis zu dem Zeitpunkt als sie im Zielbahnhof zum Stehen kamen. Die Daten konnten zum einen durch den Fahrsimulator und zum anderen durch das Blickerfassungssystem gewonnen werden. Beide Datensätze unterschieden sich kaum voneinander (maximal traten Schwankungen von ca. 6 bis 10 Sekunden auf), was vermutlich daran lag, dass die Fahrzeiterfassung bei beiden Systemen manuell gestartet und beendet wurde. Da sich im Hinblick auf die Beurteilung der Ergebnisse keine Unterschiede zwischen der Fahrzeiterfassung durch das Blickerfassungssystem und des Fahrsimulators ergaben, wurde für die Untersuchung der Entschluss getroffen, die Daten des Simulators zu verwenden.

Zusätzlich zur Beurteilung der Fahrzeit für die gesamte Strecke werden – zur Untermauerung der Hypothesen – die drei streckenkenntnisrelevanten Bereiche „Tunnel“, „Steigung“ und „Haltepunkt“ in die Betrachtungen mit einbezogen (wie auch schon bei der AV 1). Es wird vermutet, dass insbesondere in diesen längeren Abschnitten Fahrzeitunterschiede zwischen den Gruppen auftreten. Falls

es keine Unterschiede zwischen den Fahrzeiten für die gesamte Strecke gibt, können somit zumindest Trends dahingehend aufgezeigt werden, dass streckenkenntnisrelevante Aspekte die Fahrzeit beeinflussen. Auf die Betrachtung des Bereichs Fahrtanzeiger wurde verzichtet, da es sich um einen sehr kurzen Fahrabschnitt handelte und die Fahrzeiterfassung nicht aussagekräftig genug bzw. sinnvoll ist.

Bei der Hauptuntersuchung ist gemäß der Hypothesen zu erwarten, dass Tf der Stufe „Eingeschränkt“ länger zum Befahren der Strecke als Tf der Stufen „Fahren“ und „CBT“ benötigen. Triebfahrzeugführer der letzten beiden genannten Stufen sollten etwa gleich viel Zeit zum Befahren der Strecke brauchen. Dies bedeutet, dass der Mittelwert der Stufe „Eingeschränkt“ signifikant größer ist als die Mittelwerte der Stufen „Fahren“ und „CBT“. Die Mittelwerte der Stufen „Fahren“ und „CBT“ unterscheiden sich demzufolge nicht.

Zur Zusatzuntersuchung werden die Fahrzeiten der ersten und der dritten Fahrt der Teilnehmer der Stufen „Eingeschränkt“ miteinander verglichen. Hierbei wird vermutet, dass sich der Mittelwert von der ersten Fahrt zur dritten Fahrt signifikant verkleinert. Das heißt, dass ein Tf umso weniger Zeit benötigt, je öfter er die Strecke befährt.

### **AV 5: Mittelwert des Energieverbrauchs**

Der Fahrsimulator zeichnet für jede Fahrt den Wert des Energieverbrauchs in kWh automatisch auf. Die Betrachtung des Energieverbrauchs ist unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit essenziell. Je weniger Energie verbraucht wird, desto weniger Kosten entstehen für das Unternehmen. Daher wird der Tf dazu angehalten, möglichst energiesparend zu fahren. Bei einigen Unternehmen wird sogar der Energieverbrauch der einzelnen Tf ausgewertet und miteinander verglichen bzw. bewertet, was zeigt, wie wichtig und aktuell ESF ist.

Wenn, gemäß der oben aufgeführten Hypothesen der Hauptuntersuchung, ein Tf die Strecke kannte – sei es durch Mitfahrten oder ein CBT – sollte der Energieverbrauch beim Befahren der Strecke kleiner sein als bei einem Tf, der die Strecke nicht kannte (eingeschränkte Streckenkenntnis).

Bei den beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ sind annähernd gleiche Werte hinsichtlich des Energieverbrauchs zu erwarten. Das bedeutet, dass der Mittelwert der Stufe „Eingeschränkt“ signifikant größer ist als die Mittelwerte der Stufen „Fahren“ und „CBT“. Bei den beiden letztgenannten Stufen besteht jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten.

Je öfter der Tf die Strecke befährt, desto geringer sollte der Energieverbrauch sein. Hinsichtlich der Zusatzuntersuchung ist daher der Mittelwert der Stufe „Eingeschränkt“ bei der ersten Fahrt signifikant größer als bei der dritten Fahrt.

### **AV 6: Anzahl der unnötigen Bremshebelbetätigungen**

Für ESF und somit die Wirtschaftlichkeit ist die Fahrweise eines Tf interessant: ob ein Tf eine stetige Fahrweise hat und somit wirtschaftlich beschleunigt und abbremst (d.h. den Bremshebel nicht unnötig betätigt) oder ob er öfter bremst und beschleunigt und somit unwirtschaftlich und energieverbrauchend fährt (d.h. den Bremshebel oft betätigt). Mittels der AV 6 wurde der Energieverbrauch in bestimmten Bereichen abgeschätzt, um detailliertere Aussagen zur Fahrweise der Tf machen zu können. Es ist nicht möglich, den Energieverbrauch in einzelnen Streckenabschnitten zu erfassen. Daher wurde sich hier der Betrachtung der Anzahl der unnötigen Bremshebelbetätigungen bedient. Zur



Erfassung der AV 6 wurden die Bereiche betrachtet, in denen Bremsen theoretisch unnötig war (das heißt, außerhalb der Bahnhöfe und des Haltepunktes sowie des Tunnels). Ein Schwerpunkt der Betrachtung ist der streckenkenntnisrelevante Bereich „Steigung“. Dort war es nicht notwendig, die Bremsung einzuleiten, um die Geschwindigkeiten von 100 km/h über 90 km/h auf 80 km/h zu reduzieren. Eher im Gegenteil: Würde der Bremshebel betätigt werden, müsste danach der Zug wieder beschleunigt werden, um die zugelassenen Höchstgeschwindigkeiten zu erreichen und somit den Fahrplan zu halten.

Zur Erfassung der Anzahl der unnötigen Bremshebelbetätigungen wurden die Zusi-Daten jedes einzelnen Teilnehmers in den Bereichen außerhalb der Bahnhöfe bzw. des Haltepunktes und des Tunnels dahingehend überprüft, ob der Wert der Druckluft auf unter 4,95 bar<sup>276</sup> sank. Das bedeutet, dass der Bremshebel betätigt wurde. Dabei wird nicht betrachtet, wie lange die Bremsung durchgeführt wurde oder wie stark diese war. Für jeden einzelnen Teilnehmer bildete die Summe dieser unnötigen Bremsungen den Wert, der mit den anderen Werten der Teilnehmer verglichen wird.

Vermutet wird bei der Hauptuntersuchung, dass bei der Stufe „Eingeschränkt“ mehr unnötige Bremshebelbetätigungen vorgenommen werden als bei den Stufen „Fahren“ und „CBT“ und die Teilnehmer der Stufe „Eingeschränkt“ somit über eine unstetigere Fahrweise verfügen. Dahingegen werden sich die Stufen „Fahren“ und „CBT“ hinsichtlich der Anzahl der nicht notwendigen Bremshebelbetätigungen nicht signifikant voneinander unterscheiden. Denn es wird davon ausgegangen, dass sich ihre Fahrweise in den streckenkenntnisrelevanten Bereichen nicht wesentlich voneinander unterscheiden lässt.

Hinsichtlich der Zusatzuntersuchung bedeutet dies, dass sich die Anzahl der unnötigen Bremshebelbetätigungen der Stufe „Eingeschränkt“ der ersten Fahrt gegenüber der Anzahl der dritten Fahrt verringert. Denn das heißt, dass ein Tf umso energiesparender fährt (d.h. weniger oft unnötig bremst), je besser er die Strecke kennt und je öfter er fährt.

### **AV 7: Mittelwert des Gefühls der Vorbereitung**

Alle Versuchsteilnehmer wurden – nachdem sie durch die Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen eingeschränkte Streckenkenntnis erworben hatten – mittels der Frage 7 des Interviews dahingehend zu ihrer Meinung befragt, wie gut sie sich auf die Strecke vorbereitet fühlten. Dabei konnten sie von einem „sehr schlechten“ über „schlechten“, „weder guten noch schlechten“, „guten“ bis hin zu „sehr guten“ Gefühl der Vorbereitung wählen (zur Auswertung wurden in dieser Reihenfolge die Ziffern 1 bis 5 hinterlegt). Dieselbe Frage mit denselben Antwortmöglichkeiten wurde den Teilnehmern der Stufen „Fahren“ und „CBT“ noch einmal gestellt (Frage 8 des Interviews), nachdem diese die gesamte Streckenkenntnis erlangt hatten. Zum einen werden dadurch – zur Beurteilung der Hypothesen – die Antworten zur Frage 7 der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ mit den Antworten der Frage 8 der Gruppen „Fahren“ und CBT“ verglichen. Dadurch wird festgestellt, ob es einen Unterschied hinsichtlich des Gefühls der Vorbereitung auf das Fahren der Strecke zwischen den Teil-

---

<sup>276</sup> In der Hauptluftleitung war zum Lösen der Bremsen ein Druck von 5 bar aufgebaut. Durch Absenken dieses Drucks durch Betätigung des Führerbremsventils (Zugbremshebel) wurde die Bremse angelegt. Es wurde auf Werte, die kleiner als 4,95 waren, geprüft. Dies erfolgt, da oberhalb dieses Bereichs leichte Schwankungen auftreten können, ohne dass die Tf den Bremshebel betätigten.

nehmern mit eingeschränkter Streckenkenntnis und den Teilnehmern mit Streckenkenntnis durch Mitfahrt oder CBT gibt. Zum anderen wurden die Antworten der beiden Fragen 7 und 8 der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ direkt miteinander verglichen werden. Damit wird untersucht, ob sich auch diese Teilnehmer vor und nach Erwerb der Streckenkenntnis unterschiedlich gut auf die Strecke vorbereitet fühlten.

Hinsichtlich der Hauptuntersuchung wird erwartet, dass sich die Teilnehmer der Stufe „Eingeschränkt“ nicht so gut auf das Fahren der Strecke vorbereitet fühlten. Die Versuchsteilnehmer der Stufen „Fahren“ und „CBT“ fühlten sich annähernd gleich gut vorbereitet. Das heißt, dass der Mittelwert der Stufe „Eingeschränkt“ der Frage 7 signifikant kleiner als die beiden Mittelwerte der Stufen „Fahren“ und „CBT“ der Frage 8 ist. Bei den beiden Stufen „Fahren“ und „CBT“ wird kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der Antworten der Frage 8 erwartet.

Bei der Zusatzuntersuchung wird erwartet, dass der Mittelwert der Antworten zur Frage 7 der Stufen „Fahren“ und „CBT“ kleiner ist als der Mittelwert für die Antworten nach wiederholtem Stellen der Frage nach der Streckenkenntniserlangung (Frage 8).

### **AV 8: Mittelwert des Gefühls der Sicherheit im Umgang mit der Strecke**

Nach der Versuchsfahrt wurden alle Teilnehmer zu ihrem Gefühl der Sicherheit im Umgang der Strecke befragt (Frage 13). Auch hier wurde zwischen fünf Antwortstufen unterschieden: „sehr unsicher“, „relativ unsicher“, „mal unsicher/mal sicher“, „relativ sicher“ und „sehr sicher“. Diese wurden zur statistischen Auswertung mit den Ziffern 1 bis 5 hinterlegt. Dieselbe Frage wurde zudem den Teilnehmern der Gruppe „Eingeschränkt“ noch einmal nach der dritten Fahrt gestellt, um somit zusätzlich die Antworten nach der ersten mit den Antworten nach der dritten Fahrt zu vergleichen.

Hinsichtlich der Hauptuntersuchung wird vermutet, dass ein Tf, der die Strecke nicht kennt (eingeschränkte Streckenkenntnis), subjektiv ein negativeres Sicherheitsgefühl hinsichtlich des Umgangs mit der Strecke empfindet als ein Tf, der die Strecke kennt. Bei Tf, die die Strecke durch Mitfahrten oder CBT kennen, ist kein Unterschied zu erwarten. Das bedeutet, dass bei der Stufe „Eingeschränkt“ ein signifikant kleinerer Mittelwert erreicht wird als bei den beiden Stufen „Fahren“ und „CBT“ und sich die Mittelwerte der beiden letztgenannten Stufen nicht signifikant unterscheiden.

Bei der Zusatzhypothese wird vermutet, dass sich der Mittelwert der Stufe „Eingeschränkt“ nach dem wiederholten Stellen der Frage nach der dritten Fahrt (Frage 9) gegenüber der ersten Fahrt (Frage 13) vergrößert. Damit soll gezeigt werden, dass sich die Tf umso wohler fühlen, je öfter sie die Strecke fahren.

### **AV 9: Mittelwert des Gefühls der Anstrengung**

In der Frage 15 des Interviews wurden die Versuchsteilnehmer darum gebeten, zu beurteilen, wie anstrengend sie das Fahren auf der Strecke empfanden. Zur Auswahl standen die fünf Antwortstufen „sehr anstrengend“, „etwas anstrengend“, „mal anstrengend/mal nicht anstrengend“, „fast nicht anstrengend“ und „gar nicht anstrengend“. In dieser Reihenfolge wurden auch wieder die Ziffern 1 bis 5 zur statistischen Auswertung hinterlegt. Wie auch bei der zuvor beschriebenen AV wurde den Teilnehmern der Gruppe „Eingeschränkt“ zum Vergleich diese Frage nach der ersten (Frage 15) und nach der dritten Fahrt (Frage 11) gestellt.

Bezogen auf die Hauptuntersuchung wird angenommen, dass ein Tf, der die Strecke nicht kannte (eingeschränkte Streckenkenntnis), die Fahrt anstrengender empfindet als ein Tf, der die Strecke kannte. Bei Tf, die die Strecke durch Mitfahrten oder CBT kannten, wird kein Unterschied erwartet. Dies bedeutet, dass der Mittelwert der Stufe „Eingeschränkt“ signifikant kleiner als die Mittelwerte der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ ist und es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Stufen „Fahren“ und „CBT“ gibt.

Bei der Zusatzuntersuchung wird untersucht, ob die Tf nach mehrmaligem Fahren der Strecke dies als weniger anstrengend empfanden. Dies ist der Fall, wenn der Mittelwert der Stufe „Eingeschränkt“ sich nach dem wiederholten Stellen der Frage nach der dritten Fahrt gegenüber der ersten Fahrt vergrößert.

### **5.2.2.3 Definition weiterer interessierender Variablen**

Das Experiment bewertet vor allem – mittels der Hypothesenbetrachtung – die drei Möglichkeiten zum Erwerb der Streckenkenntnis. Durch das Interview konnte zusätzlich mithilfe der Fragen 18 bis 20 die Gelegenheit genutzt werden, Gestaltungsempfehlungen für ein computerbearbeitetes Video zu sammeln, die allgemeine Akzeptanz eines CBT zu erfragen sowie Vor- und Nachteile eines CBT zu erfassen. Mithilfe der Frage 17 des Interviewbogens beurteilten die Tf zudem, welche Situationen aus ihrer Sicht auf der konkreten Versuchsstrecke für sie relevant waren.

#### **Gestaltungsempfehlungen zu einem computerbearbeiteten Video**

Die Gestaltung eines angemessenen Videos zur Streckenkenntniserlangung durch CBT ist sicherlich Personen zu überlassen, die über Erfahrungen bei der Videogestaltung verfügen. Dennoch sollten hierbei auch die Wünsche der Anwender, nämlich der Tf, beachtet werden. Daher wurde für Frage 18 eine offene Fragestellung gewählt, um die Meinung der Tf dazu zu erheben. Bei der Beantwortung wurde nicht zwischen den drei Stufen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“ unterschieden, da es sich um eine explorative Fragestellung handelt. Zur Auswertung wurden die Antworten kategorisiert, um u.a. auch Mehrfachbenennungen ausfindig zu machen. So konnte herausgefunden werden, ob den Tf eine bestimmte Thematik hinsichtlich der Gestaltung des computerbearbeiteten Videos besonders wichtig wäre.

#### **Akzeptanz eines computerbearbeiteten Videos**

Zwar wurde bereits bei der Onlinebefragung mittels Frage 2 nach der Eignung des Verfahrens „CBT“ gefragt, jedoch wird durch das Interview die Frage noch einmal konkret aufgegriffen (Frage 19 des Interviewbogens). Dabei konnten die Teilnehmer auf die Frage, ob sie sich vorstellen könnten, mittels eines computerbearbeiteten Videos Streckenkenntnis zu erlangen, zwischen folgenden Antwortmöglichkeiten auswählen: „Gar nicht“, „eher nein“, „vielleicht“, „eher ja“ und „auf jeden Fall“. Zur statistischen Auswertung wurden in dieser Reihenfolge die Ziffern 1 bis 5 hinterlegt.

Mit Frage 19 wurde überprüft, ob ein Unterschied hinsichtlich der Akzeptanz zwischen den Gruppen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“ existiert. Es kann sein, dass die Teilnehmer der Stufe „CBT“ ein computerbearbeitetes Video mehr akzeptierten als die Teilnehmer der Stufen „Eingeschränkt“ und „Fahren“, die solch ein Video nicht gesehen hatten. Dies bedeutet, dass der Mittelwert der Teilnehmer der Stufe „CBT“ größer als die Mittelwerte der Stufen „Eingeschränkt“ und „Fahren“ ist.

### **Vor- und Nachteile eines computerbearbeiteten Videos**

Die offene Frage 20 des Interviewbogens diente dazu, eine umfangreiche Liste an Vor- und Nachteilen des CBT zu gewinnen, um die eigenen Überlegungen diesbezüglich zu ergänzen.

### **Beurteilung streckenkenntnisrelevanter Situationen im Versuch**

Die offene Frage 17 diente der Beurteilung der Versuchsstrecke, um weitere streckenkenntnisrelevante Aspekte aufzudecken. Zum einen, um für weitere Studien Empfehlungen geben zu können, und zum anderen, um die nicht abgeschlossene Anlage 1 der VDV-Schrift 755 vervollständigen zu können.

#### **5.2.2.4 Art und Weise der Kontrolle der Störvariablen**

Bei den folgenden Variablen handelt es sich um im Vorfeld identifizierte Störvariablen:

- Vertrautheit mit dem Führerstand und mit dem Simulator
- Voraussetzungen der Versuchsteilnehmer (Motivation in Bezug auf Streckenkenntnis)
- Merkmalseigenschaften der Versuchsteilnehmer (Verkehrsart, Berufserfahrung, Alter)
- Erwartungseffekte
- Umwelt- und Versuchsbedingungen

Es bestand die Gefahr, dass einigen Versuchsteilnehmern der Führerstand bereits bekannt war, wohingegen dies bei anderen Tf hätte nicht der Fall sein können. Außerdem konnte es sein, dass einige Tf bereits mit den unterschiedlichsten Führerständen gefahren waren, während andere stets nur einen Führerstand bedient haben. Durch das Durchführen einer Eingewöhnungsfahrt wurde versucht, diesem Effekt der unterschiedlichen Vertrautheit mit dem Führerstand und dessen Bremsverhalten entgegenzuwirken. Die Strecke zur Eingewöhnung war bei allen Versuchsteilnehmern die gleiche, wobei es sich nicht um die Versuchsstrecke handelte. Um zu überprüfen, ob alle Teilnehmer nach Durchführen der Eingewöhnungsfahrt in etwa die gleiche Handlungssicherheit hinsichtlich der Fahrt am Simulator und am Führerstand empfanden, wurden sie gebeten, auf einer fünfstufigen Skala ihr Gefühl beim Fahren mit dem Simulator zu bewerten (Frage 6 des Interviews). Die Antwortmöglichkeiten reichten von „sehr unsicher“ (= 1), über „mal unsicher/mal sicher“ (= 3) bis hin zu „sehr sicher“ (= 5). Bei der Auswertung sollte sich im Mittel bei allen drei Gruppen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“ in etwa die gleiche Bewertungsstufe ergeben. Unter Vorliegen der Varianzhomogenität ( $p = 0,18$ ) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ( $F(2, 28) = 1,4; p = 0,26$ ). Die Teilnehmer der drei Gruppen fühlten sich hinsichtlich des Fahrens am Simulator im Mittel „relativ sicher“ (= 4). Der genaue Mittelwert der Gruppe „Eingeschränkt“ belief sich dabei auf  $M = 3,8$  ( $SD = 0,8$ ), bei der Gruppe „Fahren“ ergab sich ein Mittelwert von  $M = 4,3$  ( $SD = 0,7$ ) und bei der Gruppe „CBT“ ein Mittelwert von  $M = 4,1$  ( $SD = 0,7$ ).

Es hätte sein können, dass einige Tf das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis klar befürworteten und andere wiederum stark ablehnten. Daher galt es zu überprüfen, dass diejenigen Versuchsteilnehmer, die Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis entweder stark ablehnten oder stark befürworteten, nicht zufällig alle in die gleiche Gruppe eingeteilt worden sind. Denn dies hätte einen Einfluss auf die Ergebnisse haben können. Zum Beispiel hätte ein Teilnehmer, der das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis stark ablehnte und der Gruppe „Eingeschränkt“ zugeordnet

wurde, bei der ersten Messfahrt so nervös sein können, dass die Messergebnisse unverhältnismäßig schlecht sein konnten. Wenn alle diese Teilnehmer nun in der gleichen Gruppe gewesen wären, hätte nicht nur die Stufe der UV gewirkt, sondern auch die Störvariable „Einstellung zum Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis“. Es wurde überprüft, ob eine der drei Gruppen insgesamt der Thematik „Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis“ sehr unaufgeschlossen bzw. negativ gegenüberstand. Dazu wurde angenommen, dass diese Tf sich nach Erlangen der eingeschränkten Streckenkenntnis sehr schlecht auf die Strecke hinsichtlich der Streckenkenntnis vorbereitet fühlen müssten. Deswegen wurden alle Teilnehmer nach dem Anschauen der betrieblichen Unterlagen bezüglich ihres Gefühls der Vorbereitung befragt (Frage 7 des Interviews), denn zu diesem Zeitpunkt verfügten sie über eingeschränkte Streckenkenntnis. Es wurde angestrebt, dass sich die Gruppe „Eingeschränkt“ hinsichtlich des Mittelwertes der Antworten nicht wesentlich von den Mittelwerten der anderen beiden Gruppen unterschied, um die erste Fahrt nicht negativ oder positiv zu beeinflussen. Deskriptiv konnten nur geringfügige Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich der Beantwortung der Frage 7 festgestellt werden: Der Mittelwert der Gruppe „Eingeschränkt“ betrug  $M = 3,3$  ( $SD = 1,1$ ), der Mittelwert der Gruppe „Fahren“ belief sich auf  $M = 3,2$  ( $SD = 0,8$ ) und bei der Gruppe „CBT“ ergab sich ein Mittelwert von  $M = 3$  ( $SD = 1,1$ ). Das bedeutet, dass sich alle Teilnehmer im Mittel „weder unvorbereitet/noch vorbereitet“ gefühlt haben. Die geringfügigen Unterschiede hatten statistisch keine Relevanz: Die Varianzen waren homogen ( $p = 0,37$ ) und die Unterschiede nicht bedeutsam ( $F(2, 28) = 0,25$ ;  $p = 0,78$ ).

Es wurde bei der Simulatorstudie versucht, im Vorfeld die persönlichen Merkmalseigenschaften der Tf auf die Stufen der UV gleichmäßig zu verteilen. Dabei wurde zum einen die Berufserfahrung des Tf als einflussreich erachtet: Ein sehr erfahrener Tf fährt eventuell nicht so zurückhaltend wie ein wenig erfahrener Tf. Die Berufserfahrung wurde hierbei an der Tätigkeitsdauer (Fahrerfahrung) und der Art der Tätigkeit in Abhängigkeit der beschäftigten Stunden (Fahrleistung) festgelegt. Zum anderen wurde vermutet, dass sich das Fahrverhalten insbesondere zwischen im Personenverkehr und Güterverkehr tätigen Tf unterscheidet. So achtet ein im Güterverkehr tätiger Tf vermutlich weniger auf ein komfortables Fahrverhalten im Sinne der Fahrgäste wie ein Tf, der im Personenverkehr tätig ist. Dies könnte z.B. einen Einfluss auf die AV „Fahrzeit“ haben. Um diese Einflüsse zu neutralisieren, wurde versucht, diese Merkmalsausprägungen gleichmäßig auf die Stufen der UV zu verteilen. Dies wurde dadurch erschwert, dass nur eine begrenzte Anzahl an Tf erreicht wurde und zu Beginn des Untersuchungszeitraums nicht alle Teilnehmer feststanden bzw. zwischendurch Teilnehmer absagten und durch andere Tf mit wiederum anderen Merkmalseigenschaften ersetzt worden sind. Die Aufteilung der Versuchsteilnehmer auf die Gruppen wird im folgenden Kapitel näher erläutert.

Erwartungseffekte können zum einen seitens der Versuchsteilnehmenden als auch seitens des Versuchsleiters auftreten.<sup>277</sup> Es wurde daher mit sogenannten „blinden“ Versuchspersonen gearbeitet. Den Teilnehmern waren die genauen Details der Versuchsgestaltung nicht bekannt. Sie erfuhren erst nach der Beendigung des Experiments von den unterschiedlichen Versuchsgruppen. Somit sollte eine Beeinflussung z.B. des Fahr- und Blickverhaltens der Teilnehmer vermieden werden. Die Teilnehmer wurden durch das Vorlesen der Einverständniserklärung durch die Versuchsleiterin über den genauen Ablauf des Experiments informiert. Dadurch erhielten alle Versuchsteilnehmer die gleichen und identisch formulierten Hinweise zum Ablauf. Mit einer „blinden“ Versuchsleiterin konnte nicht gear-

<sup>277</sup> Vgl. Bortz/Döring (2016), S. 197.

beitet werden, denn die Planung und Durchführungen lagen in der Hand der Autorin der vorliegenden Arbeit. Es wurde jedoch vermieden, die Versuchsteilnehmer durch unterschiedliche Wortwahl beim Erläutern des Ablaufs zu beeinflussen. Daher wurde auch während der Messfahrt(en) nicht mit den Versuchsteilnehmern gesprochen. Nur wenn diese eine Frage zum Experiment stellten, wurde diese von der Versuchsleiterin beantwortet. Dies war aber kaum der Fall.

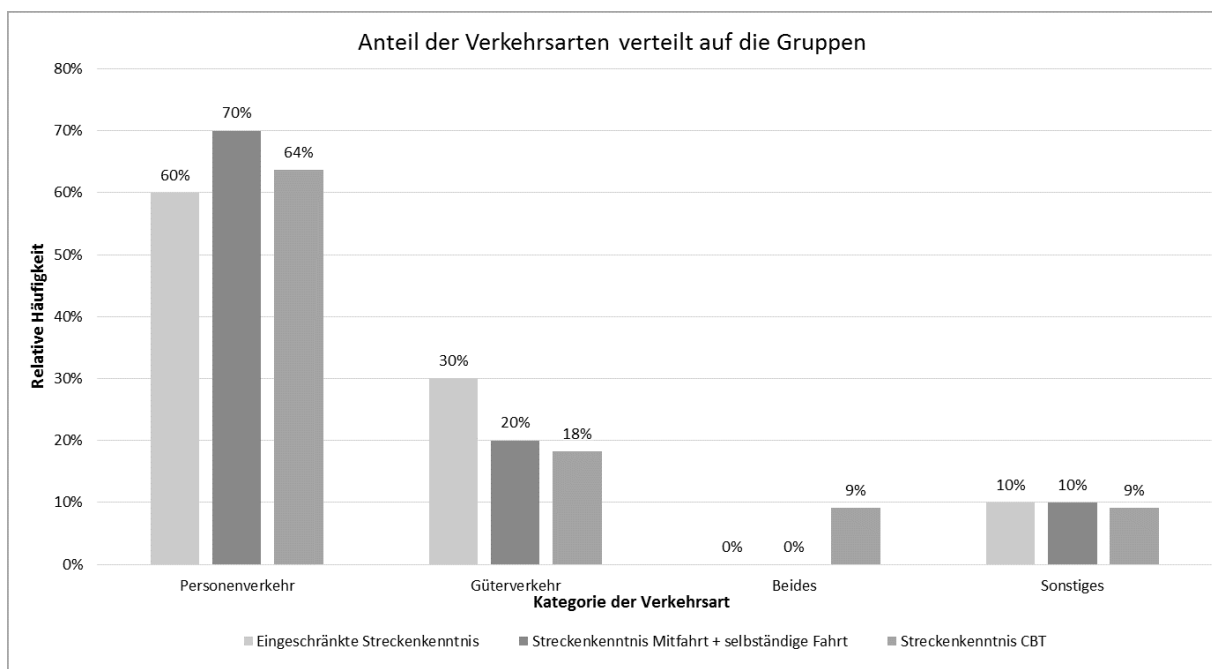
Während des Experiments wurde der Raum weitgehend abgedunkelt, um Spiegelungen auf dem Zusi-Bildschirm durch Tages- oder künstliches Licht zu verhindern. Damit wurden annähernd die gleichen Lichtverhältnisse für alle Versuchsteilnehmer erreicht. Im virtuellen Betriebslabor als Untersuchungsraum befanden sich zum Zeitpunkt der Sitzung nur die Versuchsleiterin und eine weitere Person zur Aufzeichnung der Blickerfassungsdaten.

### 5.2.2.5 Aufteilung der Versuchsteilnehmer auf die Gruppen

Die 31 Teilnehmer wurden gleichmäßig auf die drei Gruppen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“ verteilt ( $n_{\text{Eingeschränkt}} = 10$ ,  $n_{\text{Fahren}} = 10$ ,  $n_{\text{CBT}} = 11$ ).

Unter Vorliegen der Varianzhomogenität ( $p = 0,62$ ) besteht eine signifikant nachgewiesene zufällige Verteilung des Alters auf die drei Gruppen ( $F(2, 28) = 0,51$ ;  $p = 0,61$ ), wobei das Durchschnittsalter der Gruppe „Eingeschränkt“ 37 Jahre ( $SD = 12$  Jahre), das der Gruppe „Fahren“ 43 Jahre ( $SD = 14$ ) und das der Gruppe „CBT“ 38 Jahre ( $SD = 14$ ) betrug.

Die Teilnehmer wurden hinsichtlich der Verkehrsart annähernd gleichmäßig auf die drei Gruppen verteilt. Es konnte kein exakt signifikanter Unterschied bezogen auf diese Merkmalseigenschaft gefunden werden ( $\chi^2_{(N=31)} = 2,73$ ;  $p = 1$ ). Die Aufteilung der Verkehrsarten auf die Gruppen ist in Bild 24 dargestellt.



**Bild 24: Anteil der Verkehrsarten verteilt auf die Gruppen**

In Bezug auf die Berufserfahrung wurden die beiden Kategorien „Tätigkeitsdauer“ und „Haupt- oder Nebentätigkeit“ zusammengefasst, indem die Werte umkodiert worden sind. Die Tf wurden zunächst

hinsichtlich ihrer Tätigkeitsdauer den Kategorien „unter 1 Jahr“, „zwischen 1 und unter 5 Jahren“ und „über 5 Jahre“ zugeordnet. Bei der Kategorie „Haupt- oder Nebentätigkeit“ wurden nur 4 Versuchsteilnehmer (13 %) der Kategorie „Nebentätigkeit“ zugeordnet, die übrigen waren hauptberuflich als Tf tätig. Die Umkodieren wurde wie folgt vorgenommen: Die neuen Kategorien wurden in die drei Stufen „wenig Erfahrung“, „mittlere Erfahrung“ und „viel Erfahrung“ unterteilt. Bei den hauptberuflichen Teilnehmern wurden die Tf, die unter 1 Jahr tätig waren, in die Kategorie „wenig Erfahrung“ eingestuft. Die zwischen 1 und unter 5 Jahren tätigen Tf wurden zu der Kategorie „mittlere Erfahrung“ gezählt und zur Kategorie „viel Erfahrung“ zählten die seit mehr als 5 Jahren hauptberuflich tätigen Tf. Bei den 4 in Nebentätigkeit arbeitenden Tf erfolgte die Aufteilung abweichend: Wenn der Versuchsteilnehmer mehr als 5 Jahre als Tf tätig war, wurde er in die Kategorie „mittlere Erfahrung“ eingeteilt. Tf mit Fahrerfahrung zwischen 1 und unter 5 Jahren zählten zur Kategorie „wenig Erfahrung“. Die Merkmalskombination „unter 1 Jahr“ und „nebenbei als Tf tätig“ kam nicht vor. Die Verteilung der Stufen der Kategorie „Berufserfahrung“ auf die Gruppen ist im Bild 25 dargestellt. Dort ist zu erkennen, dass die Tf anhand dieses Merkmals weitgehend gleichmäßig auf die drei Gruppen verteilt wurden. Auch hinsichtlich dieser Merkmalseigenschaft wurde kein exakt signifikanter Unterschied gefunden ( $\chi^2_{(N=31)} = 0,92$ ;  $p = 0,98$ ).

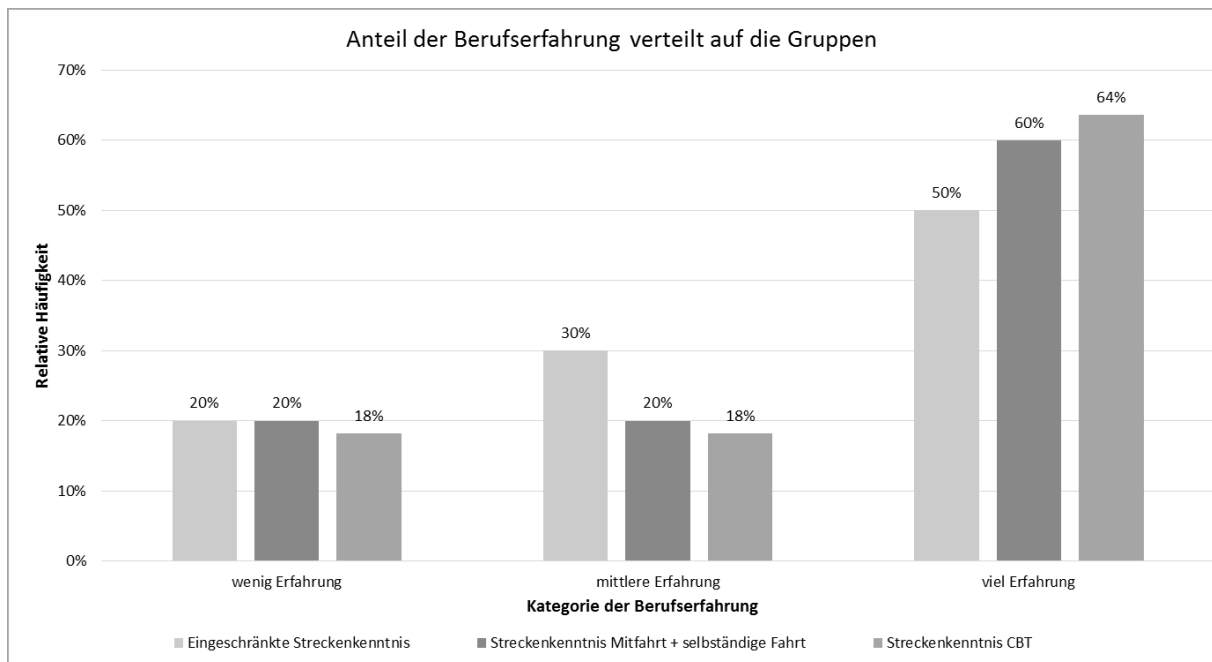


Bild 25: Aufteilung der Berufserfahrung auf die Gruppen

## 5.2.3 Apparate und Materialien

### 5.2.3.1 Fahrsimulator

Das Experiment wurde am Fahrsimulator im virtuellen Eisenbahnbetriebslabor des IfEV durchgeführt. Der Fahrsimulator besteht aus einem Führerstand mit feststehendem Fahrsitz. Bei den Bedienteilen handelt es sich hauptsächlich um Originalteile aus einem alten Steuerwagen der Bauart Bxf 796 der S-Bahn Rhein-Ruhr. Die Anzeige des EBUa, des Modularen Führerraumdisplay (MFD)<sup>278</sup> und die

<sup>278</sup> Unter dem Modularen Führerraumdisplay wird in der vorliegenden Arbeit die Anzeige für die Geschwindigkeit, der Zug- und Bremskräfte und der Zugsicherungssysteme verstanden.

Bremsanzeigen rechts vom MFD sind digital. Dadurch ist eine hohe Ähnlichkeit zum einem echten Führerstand gegeben. Die Strecke wird auf einem großen Flachbildschirm angezeigt. Zur Simulation des Bahnbetriebs wird die Simulationssoftware Zusi genutzt. Zusi zeichnet sämtlich Parameter auf, die für die Untersuchung hinsichtlich der Fahrdaten von Interesse waren (wie z.B. Fahrzeit und Geschwindigkeit). Es war voreingestellt, dass die Datenerfassung immer in 25 Meter-Abständen und spätestens alle 5 Sekunden erfolgte. Zusätzlich wurden die Daten an allen aufzeichnungsrelevanten Punkten erfasst, wie z.B. an bestimmten Signalen, beim Anhalten und Losfahren oder bei Zwangsbremsungen. Die beschriebene Versuchsanlage ist im Bild 26 dargestellt.



**Bild 26: Der Fahrsimulator des Instituts für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung der TU Braunschweig [Foto: IfEV]**

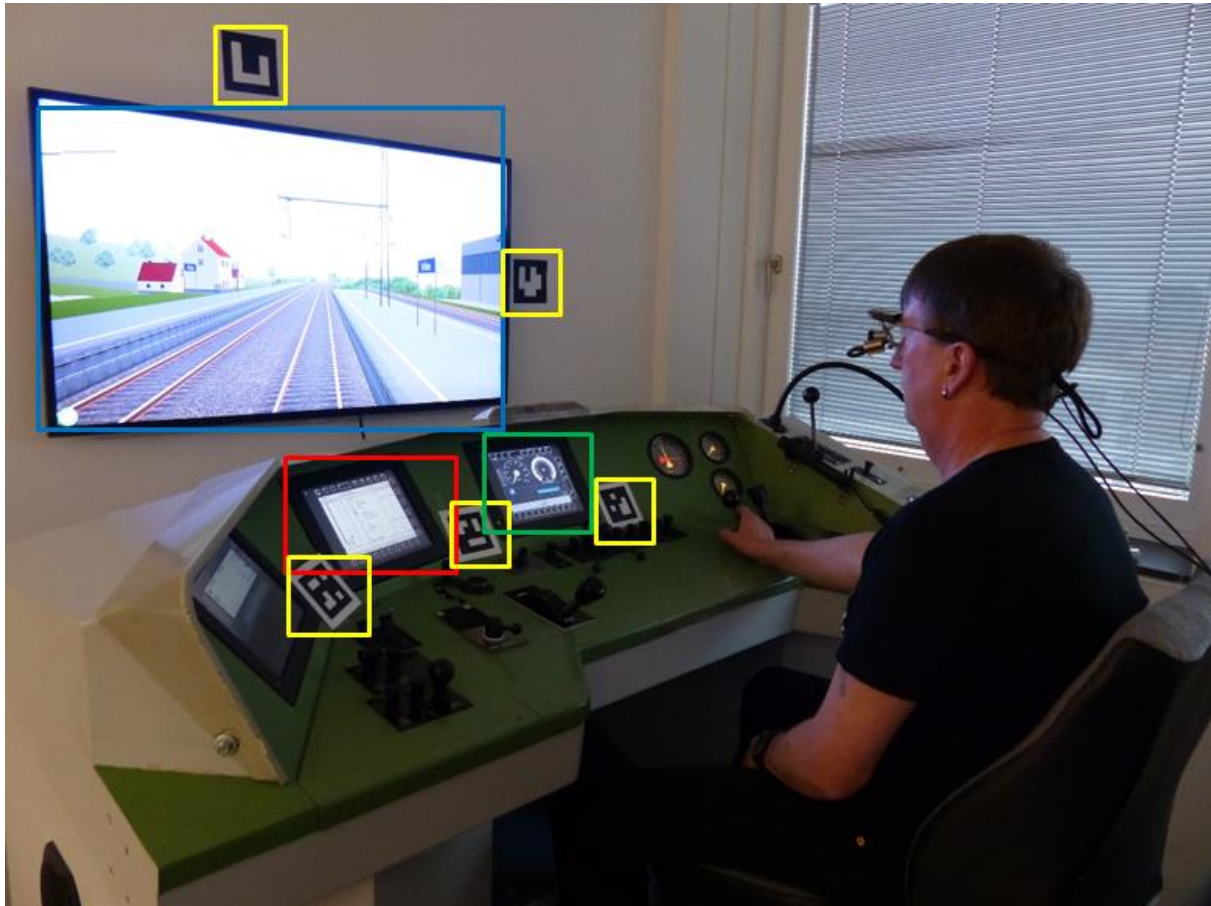
### 5.2.3.2 Blickerfassung

Für das Messen der erforderlichen Blickdaten wurde das Blickerfassungssystem Dikablis eingesetzt. Dieses System besteht u.a. aus einer Brille (siehe Bild 27), die die Augenbewegungen durch eine auf das linke Auge gerichtete Kamera aufzeichnet („eye“). Eine zweite Kamera zeichnet die betrachtete Szene („field“) auf. Das System ist auch für Versuchsteilnehmer mit einer Sehkorrektur durch Brille oder Kontaktlinsen geeignet. Allerdings erschwert dies die ohnehin schon aufwendige manuelle Pupillennachbearbeitung deutlich.

Zur Auswertung der Blickdaten werden sogenannte „Marker“ benötigt (siehe Bild 27, gelbe Markierungen), die an geeigneten Stellen im Experimentaufbau anzubringen sind. Für den Versuch sind die Bereiche der Strecke, des EBUa und des MFD von Interesse (siehe Kapitel 5.2.2.2). Diese drei Bereiche werden als sogenannte *Area of Interest (AOI)* bezeichnet. Es wurden insgesamt sechs Marker verwendet, von denen jeweils einer links, rechts und oberhalb des Zusi-Bildschirms ungefähr mittig angeordnet worden ist (im Bild 27 ist der links angeordnete Marker nicht zu sehen). Diese drei Mar-



ker wurden für den AOI „Zusi“ für die Aufzeichnung der Blicke auf die Strecke benötigt (siehe Bild 27, blaue Markierung). Die weiteren Marker wurden sowohl zwischen dem EBUa und dem MFD als auch links vom EBUa und rechts vom MFD platziert. Dies erfolgte für die Aufzeichnung der Blicke in die zwei weiteren AOI „Fahrplan“ (siehe Bild 27, rote Markierung) und „MFD“ (siehe Bild 27, grüne Markierung).



**Bild 27: Versuchsteilnehmer mit Blickerfassungsbrille und Anordnung der Marker [Foto: Frank Arendholz, DB Regio AG]**

### 5.2.3.3 Versuchsstrecke und -fahrplan

Die Versuchsstrecke wurde in Zusammenarbeit mit dem Entwickler von Zusi<sup>279</sup> gewählt. Dabei wurde eine Strecke ausgesucht, die unter Berücksichtigung der Empfehlungen des Kapitels 4.4.3.2 streckenkenntnisrelevante Aspekte enthielt und die hinsichtlich der Dauer der Befahrung geeignet war. Das Experiment überschritt wegen der teilweisen weiten An- und Abreisezeiten der Versuchsteilnehmer möglichst (inklusive der Vorbereitung) einen Zeitraum von mehr als zwei Stunden nicht.

Bei der Versuchsstrecke handelte es sich um eine ca. 16 km lange mit PZB ausgerüstete fiktive Strecke, auf der sowohl Form- als auch Lichtsignale angeordnet waren. Der Fahrplan wurde eigens für die Untersuchung angepasst und sah eine Fahrzeit vom Startbahnhof „Schlieden“ bis zum Zielbahnhof „Gostenfeld“ von insgesamt 16 Minuten vor. Zwischen den Bahnhöfen „Schlieden“ und „Gostenfeld“ waren drei Halte in den Bahnhöfen „Frellendorf“, „Lauendorf“ und dem Haltepunkt „Forstweg“ vor-

<sup>279</sup> Casten Hölscher

gesehen. Es sei angemerkt, dass der Fahrplan von der Fahrzeit her aufgrund eines Halt zeigenden Signals knapp bemessen und sowohl das Ausfahren der maximal erlaubten Geschwindigkeiten als auch das Fahren an der optimalen Bremskurve notwendig war. Genauere Details zum Fahrplan sind dem Anhang 9 zu entnehmen. Die Versuchsstrecke wurde bei guter Sicht und unter normalen Witterungsbedingungen befahren.

Die erlaubte Streckenhöchstgeschwindigkeit betrug 140 km/h. Der Zug, dessen zulässige Fahrzeughöchstgeschwindigkeit 160 km/h betrug, war ein 154 m langer Reisezug mit einer elektrischen Drehstromlokomotive. Bis auf einen kurzen Streckenabschnitt zwischen „Frellendorf“ und „Lauendorf“ handelte es sich um eine zweigleisige Strecke. In den Bahnhöfen und dem Haltepunkt waren keine Haltetafeln angeordnet. Die Tf waren angehalten, am Bahnsteigende zu halten. Im Anhang 10 befindet sich in einer tabellarischen Darstellung die genaue Übersicht zu den Streckendetails.

Im vorliegenden Kapitel folgt die Beschreibung von vier ausgewählten Bereichen bzw. Aspekten, durch die sich die Auswahl gerade dieser Strecke als Versuchsstrecke begründet und denen eine besondere Bedeutung hinsichtlich der Streckenkenntnis zukommt. Dabei handelt es sich um einen Tunnel (der die Sicht auf das Esig Frellendorf verhindert), eine Ausfahrt mit einem Fahrtanzeiger, das Befahren einer stärkeren Steigung und den Hp Forstweg. Da diese vier Bereiche besonders betrachtet werden sollten, sind im Anhang 11 technische Ausführungen zum Umgang mit Dikablis aufgeführt.

### **Tunnel**

Der 152 m lange Burgtunnel und die anschließende Rechtskurve dahinter verdeckten die Sicht auf das Esig von Frellendorf. Solange dieses Signal Fahrt anzeigt, stellt dies kein Problem dar. Wenn jedoch ein Haltbegriff an dem zugehörigen Vorsignal vorangekündigt wird, kann das zielgerechte Bremsen auf das verdeckte Signal erschwert werden. Dies war bei der Versuchsfahrt der Fall. Direkt vor und nach dem Tunnel waren Vorsignalwiederholer angebracht, da auch nach dem Tunnel das Esig noch nicht zu sehen war, obwohl es 200 m hinter diesem stand. Des Weiteren konnte der mittig im Tunnel angeordnete 500 Hz-Magnet aufgrund der Lichtverhältnisse im Tunnel nicht gesehen werden.

### **Fahrtanzeiger**

Am Ende des Bahnsteigs von Frellendorf war ein Fahrtanzeiger angeordnet. Das Ausfahrtsignal befand sich ca. 200 Meter hinter einer Brücke rechts vom Gleis und konnte – auch beim Halten am Bahnsteigende – von dort nicht gesehen werden.

### **Steigung**

Nach der Ausfahrt aus Frellendorf wurde eine 2 km lange stärkere Steigung befahren, die bis zur Überleitstelle Rampe andauerte. Bei der Befahrung war zu beachten, dass laut Fahrplan innerhalb dieser 2 km die Geschwindigkeit auf 90 km/h und danach auf 80 km/h zu reduzieren war. Aufgrund der starken Steigung brauchte jedoch nicht gebremst und die Zugkraft nicht vollständig zurückgenommen werden, um diese Geschwindigkeiten erreichen bzw. halten zu können.

### **Hp Forstweg**

Bereits ca. 1 km hinter der Ausfahrt aus dem Bf Lauendorf befand sich der Hp Forstweg. Das heißt, dass nicht auf die Streckenhöchstgeschwindigkeit von 130 km/h beschleunigt werden sollte, um rechtzeitig am Ende des Bahnsteigs zum Halten zu kommen. Der Haltepunkt war durch eine Rechtskurve erst spät zu erkennen. Dieser Aspekt konnte beim Heranfahren an den Haltepunkt eine Rolle spielen.

#### **5.2.3.4 Computerbearbeitetes Video**

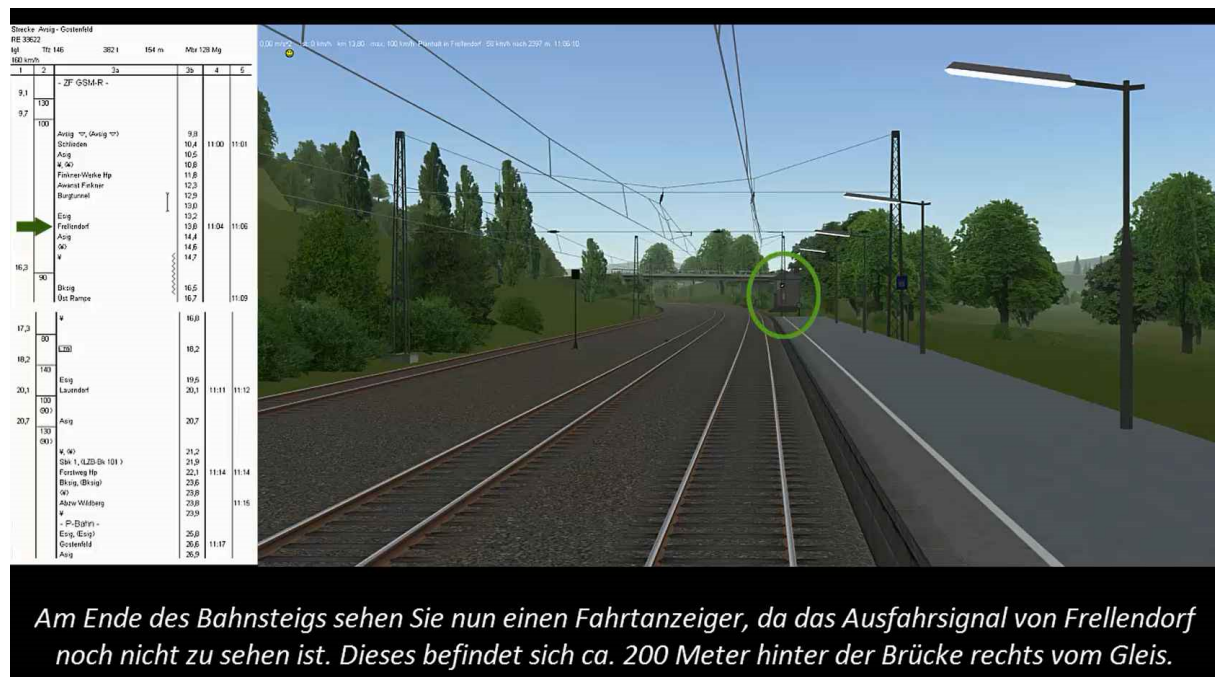
Für die Versuchsteilnehmer der Gruppe „CBT“ wurde im Vorfeld ein Video erstellt, bei dem die Fahrt des Autopiloten von Zusi auf der Versuchsstrecke aufgezeichnet worden ist.<sup>280</sup> Anschließend wurde das Video mit dem Programm Camtasia Studio 8 der Firma TechSmith wie folgt bearbeitet:

- Der Buchfahrplan wurde im linken Teil des Videos eingefügt und war während der gesamten Videolänge ständig sichtbar. Ein grüner Pfeil wurde genutzt um den Tf den genauen Aufenthaltsort mitzuteilen.
- Die gesprochenen Erläuterungen zur Strecke wurden zeitgleich als Text im Video angezeigt (die Tf konnten selbst über die Art der Informationsaufnahme entscheiden: Auditiv und/oder textuell).
- Weiterhin wurden Animationen hinterlegt, um bestimmte Aspekte noch besser hervorheben zu können.
- Die aktuelle Geschwindigkeit des Autopiloten war neben dem Fahrplan oben im Bild klein dargestellt.

Als Beispiel ist im Bild 28 der Screenshot des computerbearbeiteten Videos zum Thema „Fahrtanzeiger“ dargestellt. Dort sind im linken Bereich der Fahrplan, im unteren Bereich die Erläuterungen zur Strecke (die ebenfalls gesprochen worden sind), zentral die Strecke mit einer Animation und in klein, im oberen Bereich des Bildes die aktuelle Geschwindigkeit zu sehen.

---

<sup>280</sup> Das Esig von Frellendorf zeigte im Video keinen Haltbegriff, damit die Tf der Gruppe „CBT“ nicht auf diese Variante vorbereitet waren.



**Bild 28: Screenshot vom computerbearbeiteten Video am Beispiel des „Fahrtanzeigers“**

### 5.2.3.5 Einverständniserklärung

Den Versuchsteilnehmern wurde eine Einverständniserklärung ausgehändigt und vorgelesen, wobei diese sich im Unterpunkt „Ablauf“ abhängig von der Versuchsgruppe differenzierten. Die Unterscheidung erfolgte, da die Teilnehmer durch das etwaige in Kenntnis Setzen über die drei Versuchsgruppen im Vorfeld nicht beeinflusst werden sollten. Beispielhaft ist die Ausführung der Einverständniserklärung für die Gruppe mit der eingeschränkten Streckenkenntnis im Anhang 12 zu finden.

### 5.2.3.6 Interviewbogen

Es wurde ein Interview begleitend zum Experiment durchgeführt. Dabei handelt es sich um ein eigens für die Studie entwickeltes Frage-Antwort-Schema. Dieses diente zum einen dazu, die Meinungen und Hinweise der Tf und zum anderen ihr Gefühl bezüglich der Vorbereitung und der Fahrdurchführung (zur Erfassung des persönlichen Wohlbefindens) zu ermitteln. Im Folgenden werden zunächst die Themenbereiche vorgestellt, bevor auf einzelnen Fragen und Antwortmöglichkeiten kurz eingegangen wird. Für das gesamte Interview-Layout sei auf Anhang 13 verwiesen.

## Themenbereiche des Interviewbogens

Im ersten Teil wurden die Versuchsteilnehmer nach ihren persönlichen Daten gefragt. Die Antworten wurden bereits im Vorfeld der Studie erfragt um eine gleichmäßige Verteilung dieser Parameter auf die Gruppen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“ vornehmen zu können (siehe Kapitel 5.2.2.4 und 5.2.2.5). Da mittels des ersten Teils die Gruppenzuordnung vorgenommen wurde, handelte es sich um Pflichtfragen mit Einfachauswahl.

Beim zweiten Teil wurden den Tf Fragen im Vorfeld der eigentlichen Versuchsfahrt(en) gestellt (Fragen 6 bis 8), um die Vorbereitung auf die Strecke bewerten zu können. Die Fragen 6 und 7 wurden allen Tf nach Einsicht in die betrieblichen Unterlagen gestellt, d.h. nachdem sie eingeschränkte Streckenkenntnis erworben hatten. Frage 8 galt nur für die Teilnehmer der Gruppen „Fahren“ und „CBT“.

denn es handelte sich hierbei um die gleiche Frage wie bei Frage 7, nur dass die Teilnehmer zum Zeitpunkt des Fragestellens der Frage 8 Streckenkenntnis im vollen Umfang erworben hatten.

Der dritte Teil ließ sich in folgende Themenbereiche einteilen:

- Beurteilung der dritten Fahrt durch die Versuchsteilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ (Frage 9 bis 12)
- Beurteilung der ersten Fahrt durch die Versuchsteilnehmer aller Gruppen (Frage 13 bis 16)
- Beurteilung der Versuchsstrecke hinsichtlich streckenkenntnisrelevanter Aspekte (Frage 17)
- CBT (Frage 18 bis 20)

Die Fragen 13 bis 16 wurden allen Teilnehmern (gruppenunabhängig) nach der ersten Fahrt gestellt, um erstens das Sicherheitsgefühl im Umgang mit der Strecke und zweitens das Empfinden der Anstrengung beim Fahren der Strecke zu erfragen (und somit das persönliche Wohlbefinden beurteilen zu können). Die Fragen 9 bis 12 entsprechen identisch den Fragen 13 bis 16 und wurden bei der Gruppe „Eingeschränkt“ nach der dritten Fahrt gestellt, um einen direkten Vergleich mit den Antworten der analogen Fragen 13 bis 16 vorzunehmen (der Vergleich dient der im Kapitel 5.2.2.1 beschriebenen Zusatzuntersuchung). Die Fragen 17 bis 20 wurden an alle Teilnehmer gerichtet und werden ebenfalls im Folgenden beschrieben.

#### **Frage 1: Fahren Sie im Personen- oder Güterverkehr?**

Mittels der geschlossenen Frage 1 wurde nach dem Aspekt „Verkehrsart“ gefragt. Hierbei standen den Versuchsteilnehmern folgende Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung: „Personenverkehr“, „Güterverkehr“, „Beides“ oder „Sonstiges“. Die Kategorie „Sonstiges“ wurde gewählt, wenn ein Tf z.B. für Testfahrten eingesetzt wurde.

#### **Frage 2: Wie lange sind Sie schon als Triebfahrzeugführer tätig?**

Bei Frage 2 konnte zwischen folgenden Antwortmöglichkeiten ausgewählt werden: „unter 1 Jahr“ (d.h. wenig erfahren), „zwischen 1 und 5 Jahren“ (etwas mehr erfahren), und „über 5 Jahre“ (sehr erfahren).

#### **Frage 3: Fahren Sie hauptberuflich oder nebenbei (ab und zu)?**

Die Tf wurden hier aufgefordert anzugeben, ob sie „hauptberuflich“ oder „nebenbei“ als Tf tätig waren. Unter „hauptberuflich“ werden alle Tf verstanden, die nur als Tf tätig sind und daher oft fahren. „Nebenbei“ erfasst dabei alle Tf, die nicht so häufig Tfz führen. Die Frage 3 hing eng mit der Frage 2 zusammen, denn aus den Antworten beider Fragen wurde die Einteilung der teilnehmenden Tf in die Kategorie „Berufserfahrung“ vorgenommen.

#### **Frage 4: Wie haben Sie Streckenkenntnis auf der Teststrecke erlangt?**

Unter Frage 4 nahm die Versuchsleiterin basierend auf den Erkenntnissen der Fragen 1 bis 3 die Zuordnung zu den drei Gruppen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“ vor.

**Frage 5: Bitte geben Sie Ihr Alter an.**

Bei dem Fragetyp handelt es sich um ein einzeliges Eingabefeld, in das für jeden Teilnehmer das Alter in Jahren eingetragen worden ist.

**Frage 6: Wie sicher fühlen Sie sich hinsichtlich des Fahrens am Simulator?**

Mit der Frage 6 galt es zu überprüfen, ob alle Teilnehmer nach Durchführen der Eingewöhnungsfahrt in etwa die gleiche Handlungssicherheit hinsichtlich der Fahrt am Simulator und am Führerstand empfanden (siehe Kapitel 5.2.2.4).

Diese Frage konnte mithilfe einer fünfstufigen Likert-Skala bewertet werden. Dabei bestand zusätzlich die Möglichkeit „keine Angabe“ zu machen. Der Befragte konnte zwischen der ganz links angeordneten Antwortmöglichkeit „sehr unsicher“ und der ganz rechts angeordneten Auswahlmöglichkeit „sehr sicher“ wählen. Mit den Auswahlmöglichkeiten „relativ unsicher“, „mal unsicher/mal sicher“ und „relativ sicher“ dazwischen wurden die Antwortmöglichkeiten abgestuft.

**Frage 7 und 8: Wie gut vorbereitet fühlen Sie sich auf die Teststrecke hinsichtlich der Streckenkenntnis?**

Mit der Frage 7 wurde überprüft, ob alle Tf der drei Gruppen sich in etwa gleich gut oder gleich schlecht auf die Strecke nach Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen vorbereitet fühlten, um eine positive oder negative Beeinflussung der Fahrt zu vermeiden (siehe Kapitel 5.2.2.4). Frage 8 wiederholt die Frage 7 nach Erlangen der Streckenkenntnis durch „Fahren“ oder „CBT“. Durch den Vergleich der Antworten der beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ auf die Fragen 7 und 8 wurde überprüft, ob sich die Tf durch Erlangung der vollständigen Streckenkenntnis besser auf die Strecke vorbereitet fühlten als nur mit eingeschränkter Streckenkenntnis. .

**Frage 9 und 13: Wie sicher haben Sie sich im Umgang mit der Strecke gefühlt?**

Diese Frage wurde auf einer fünfstufigen Likert-Skala beantwortet. Es bestand die Auswahl zwischen folgenden Antwortmöglichkeiten: „sehr unsicher“, „relativ unsicher“, „mal unsicher/mal sicher“, „relativ sicher“ und „sehr sicher“. Der Befragte konnte „keine Angabe“ machen.

**Frage 10 und 14: Nennen Sie einen oder mehrere Gründe für Ihre Antwort auf die Frage nach dem Sicherheitsgefühl. Wählen Sie aus folgenden Gründen aus:**

Die Befragten konnten dabei eine oder mehrere folgender Antworten auswählen: „Streckenkenntnis“, „Testsituation“, „Umgang mit dem Simulator“, „Fahrverhalten des Zuges“ und „Bedienen des Führerstandtyps“. Zusätzlich war die Nennung anderer Gründe möglich. Mit dieser Frage galt es, die Antworten auf die Fragen 9 und 13 besser zu verstehen.

**Frage 11 und 15: Wie anstrengend haben Sie das Fahren auf der Strecke gefunden?**

Diese Frage wurde mithilfe einer fünfstufigen Likert-Skala bewertet. Folgende Antwortmöglichkeiten standen zur Verfügung: „sehr anstrengend“, „etwas anstrengend“, „mal anstrengend/mal nicht anstrengend“, „fast nicht anstrengend“ und „gar nicht anstrengend“. Zusätzlich bestand wieder die Möglichkeit „keine Angabe“ zu machen.

**Frage 12 und 16: Nennen Sie einen oder mehrere Gründe für Ihre Antwort auf die Frage nach dem Sicherheitsgefühl. Wählen Sie aus folgenden Gründen aus:**

Es handelte sich bei Frage 12 und 16 um die gleichen Fragen wie bei Frage 10 und 14. Auch diese hatten zum Ziel, die Antworten auf die jeweils vorherige Frage zu begründen. Daher werden die Antwortmöglichkeiten hier nicht weiter beschrieben, sondern es wird auf die Beschreibung weiter oben verwiesen.

**Frage 17: Gab es Situationen, bei denen Streckenkenntnis wichtig war bzw. wichtig gewesen wäre? Wenn ja, welche und warum?**

Die Frage 17 diente der Beurteilung der Versuchsstrecke, um eventuell weitere streckenkenntnisrelevante Aspekte aufzudecken. Zum einen, um für weiterer Studien Empfehlungen zu geben, und zum anderen, um die nicht abgeschlossene Anlage 1 der VDV-Schrift 755 zu vervollständigen. Zum Erfassen der Antworten stand ein mehrzeiliges Textfeld zur Verfügung.

**Frage 18: Stellen Sie sich vor, Sie könnten Streckenkenntnis durch ein computerbasiertes Video erlangen. Dies bedeutet, dass Sie die Strecke per Video mit zusätzlichen visuellen und auditiven Informationen kennenlernen. Wie müsste das computerbasierte Video aufgebaut sein?**

Die Frage 18 diente der Gewinnung von Gestaltungshinweisen und zu beachtender Aspekte bei computerbearbeiteten Videos durch die Tf als Endanwender. Dazu wurde ein mehrzeiliges Textfeld vorgehalten.

**Frage 19: Können Sie sich vorstellen durch ein Verfahren mittels eines computerbasierten Videos Streckenkenntnis zu erlangen?**

Durch die Frage 19 sollte ein CBT im Allgemeinen beurteilt werden. Damit sollte das Meinungsbild zum CBT ergänzt werden, denn bereits beim Onlinefragebogen wurde mithilfe der Frage 2 u.a. ein CBT zum Streckenkenntniserwerb bewertet. Zusätzlich ist es interessant, zu erfahren, ob die Teilnehmer der Gruppe „CBT“ ein computerbearbeitetes Video anders beurteilten als die Teilnehmer, die kein computerbearbeitetes Video gesehen hatten.

Zur Beantwortung standen den Befragten auf einer fünfstufigen Likert-Skala folgende Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung: „gar nicht“, „eher nein“, „vielleicht“, „eher ja“ und „auf jeden Fall“. Falls ein Tf nicht antworten wollte, konnte er „keine Angabe“ wählen.

**Frage 20: Bitte begründen Sie Ihre Antwort bezüglich der Frage nach der Beurteilung des computerbasierten Verfahrens.**

Durch die Frage 20 wurden weitere Vor- und Nachteile computerbearbeiteter Videos aus Sicht der Tf gesammelt. Auch hier stand wieder ein mehrzeiliges Textfeld zum Erfassen der Antworten zur Verfügung.

## 5.2.4 Durchführung

In diesem Kapitel erfolgt zunächst eine kurze Beschreibung des Untersuchungszeitraums. Danach wird detailliert der Ablauf der Versuche erläutert.

### 5.2.4.1 Versuchszeitraum

Die Versuche fanden innerhalb des Zeitraums vom 29. September bis 29. Oktober 2015 statt. Die Termine wurden individuell vereinbart und konnten somit an die Dienst- oder Urlaubszeiten unter Berücksichtigung der teilweise langen An- und Abfahrtszeiten der einzelnen Versuchsteilnehmer angepasst werden. Die gesamte Sitzung dauerte maximal 2 Stunden und wurde vergütet.

### 5.2.4.2 Versuchsablauf

Nachdem die Versuchsteilnehmer begrüßt worden waren, wurden sie gefragt, ob sie zunächst eine Pause oder Ähnliches wünschten. Dies hatte den Hintergrund, dass die Versuchsteilnehmer teilweise bereits eine lange Anfahrt hinter sich hatten und ihr Wohlempfinden und ihre Leistungsfähigkeit gewährleistet werden sollte. Nachdem ihnen dann das Labor vorgestellt wurde, wurde den Versuchsteilnehmern die Einverständniserklärung vorgelesen und sie unterschrieben diese. Mittels der Einverständniserklärung wurden die Teilnehmer u.a. über den Ablauf und den Nutzen der Studie informiert. Durch Nachfragen der Versuchsleiterin wurde sich vergewissert, dass keine Fragen offen blieben.

Zu Beginn der Sitzung wurden die Teilnehmer gebeten, eine Eingewöhnungsfahrt am Fahrsimulator vorzunehmen. Diese diente dazu, sich mit dem Fahren am Fahrsimulator und dem eventuell unbekannten Führerstandstyp vertraut zu machen. Bei der Strecke, die zur Eingewöhnung befahren wurde, handelte es sich nicht um die Versuchsstrecke. Falls ein Versuchsteilnehmer es wünschte, konnte er die Strecke ein zweites Mal befahren. Dies wurde von einem einzigen Versuchsteilnehmer in Anspruch genommen.

Nach der Eingewöhnungsfahrt erhielten die Teilnehmer Einsicht in die erforderlichen betrieblichen Unterlagen der Versuchsstrecke. Zu diesen gehörten gem. der Anlage 3 der VDV-Schrift 755 (Ausgabe 2005)<sup>281</sup> die „Fahrplanunterlagen“, die „Zusammenstellung der vorübergehenden Langsamfahrstellen und anderer Besonderheiten“ (La) und die „Örtlichen Richtlinien für das Zugpersonal bzw. Sammlung betrieblicher Vorschriften – Nichtbundeseigene Eisenbahnen“<sup>282</sup>. Den Teilnehmern der drei Gruppen wurden zur Vorbereitung auf die Strecke der Fahrplan und die ÖRil bezogen auf die Strecke ausgehändigt. Es gab keine Langsamfahrstelle auf der Strecke. Weiterhin wurde den Teilnehmern der Netzplan zur Verfügung gestellt, um einen allgemeinen Überblick über die Strecke zu erhalten. Im Anhang 9 ist der ausgehändigte Fahrplan dargestellt.

Nach Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen wurden den Versuchsteilnehmern aller Gruppen die Fragen 6 und 7 des Interviews gestellt (siehe Anhang 13).

---

<sup>281</sup> Das Experiment erfolgte bereits im September 2015. Die noch nicht aktualisierte Streckenkenntnis-Richtlinie vom Jahre 2005 war zu diesem Zeitpunkt noch gültig. Dort waren lediglich die drei genannten Unterlagen für Streckenkenntnis zur Verfügung zu stellen.

<sup>282</sup> Erst zum Fahrplanwechsel im Dezember 2015 wurden die „Angaben für das Streckenbuch“ das erste Mal herausgegeben, die die „Örtlichen Richtlinien für das Zugpersonal“ ersetzen. Da die Experimente bereits im September 2015 erfolgten, wurden noch die ÖRil ausgegeben.



An dieser Stelle erfolgte bei der Gruppe „Eingeschränkt“ bereits das Experiment, bei dem die Versuchsteilnehmer die Versuchsstrecke dreimal hintereinander befuhren. Nach der ersten Fahrt wurden die Versuchsteilnehmer gebeten, die Fragen 13 bis 16 des Interviews zu beantworten. Zwischen den drei Fahrten gab es keine Pausen, sondern es wurden die erforderlichen Fragen beantwortet und die Datenbrille neu kalibriert, falls dies erforderlich war.

Bevor die Versuchsteilnehmer der Gruppe „Fahren“ die Strecke im Experiment einmal befuhren, erhielten sie Streckenkenntnis durch je eine Mitfahrt am Fahrsimulator und eine selbständige Fahrt in Begleitung der streckenkundigen Versuchsleiterin. Im Anhang 10 sind die Streckenhinweise der Versuchsleiterin an die Versuchsteilnehmer im genauen Wortlaut aufgeführt. Diese Informationen entsprechen inhaltlich genau den Informationen im computerbearbeiteten Video.

Dieses computerbearbeitete Video sahen sich die Versuchsteilnehmer der Gruppe „CBT“ zweimal an. Dadurch sahen sie die Versuchsstrecke genauso oft wie die Versuchsteilnehmer der Gruppe „Fahren“, bevor auch sie die Versuchsstrecke einmal befuhren.

Zusätzlich wurden die Teilnehmer der Gruppe „Fahren“ und „CBT“ (nachdem sie Streckenkenntnis erlangt hatten und bevor die Versuchsfahrt durchgeführt wurde) gebeten, die Frage 8 des Interviews zu beantworten.

Im Anschluss an die Messfahrten beantworteten die Versuchsteilnehmer aller drei Gruppen die restlichen, noch nicht gestellten Fragen des Interviews und machten gegebenenfalls weitere Anmerkungen. Das Interview wurde digital aufgezeichnet, um die Dokumentation der Antworten zu erleichtern. Am Ende der Sitzung wurden die Teilnehmer bei Bedarf über die genaueren Details der Studie informiert. Dies erfolgte nicht zu Beginn der Sitzung, um das Fahr- und Blickverhalten der Teilnehmer nicht zu beeinflussen.

In Tabelle 18 ist zusammenfassend der Ablauf des Versuchs für alle Gruppen dargestellt.

**Tabelle 18: Zusammenfassung des Versuchsablaufs**

Versuchsabschnitt	Beschreibung		
	Gruppe „Eingeschränkt“	Gruppe „Fahren“	Gruppe „CBT“
Begrüßung			
Einverständniserklärung			
Eingewöhnungsfahrt	Übung des Umgangs mit dem Simulator		
	Übung des Fahrverhaltens		
Vorbereitung, Teil 1	Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen (z.B. ÖRil, Buchfahrplan, Lageplan)		
Interview, Teil 1	Fragen 6 und 7		
Vorbereitung, Teil 2	-	Kennenlernen der Strecke durch „Fahren“ und Erklärungen bei der Strecke	Kennenlernen der Strecke durch Anschauen des computerbearbeiteten Videos
Vorbereitung, Teil 3	-	Näheres Kennenlernen der Strecke durch selbständiges Fahren der Strecke mit Begleitung	Näheres Kennenlernen der Strecke durch wiederholtes Anschauen des computerbearbeiteten Videos
Interview, Teil 2	-	Frage 8	
Durchführung des Experiments	1. Versuchsfahrt		
Interview, Teil 3	Fragen 13 bis 16	-	-
Durchführung des Experiments	2. Versuchsfahrt	-	-
Interview, Teil 4	3. Versuchsfahrt	-	-
	Fragen 9 bis 12 und Fragen 17 bis 20	Fragen 13 bis 20	
Persönliches Gespräch / Verabschiedung	Erklären des Experiments		

### 5.2.4.3 Vorexperiment

Nicht nur um die Durchführung des Experiments zu erproben und zu verbessern, sondern auch um sicherzustellen, dass statistische und praktische Effekte tatsächlich gefunden werden konnten, wurde vor der eigentlichen Simulatorstudie der Versuchsplan an Versuchsteilnehmern ( $N = 16$ ) getestet. Bei den freiwilligen Versuchsteilnehmern handelte es sich um 13 Studierende aus der Vorlesung „Bahn-

betrieb“ im Sommersemester 2015 und um 3 berufstätige Personen. Keiner der Teilnehmer hatte Kenntnisse darüber, wie Züge gefahren werden.

Zum reibungslosen und fehlerfreien Führen eines Zuges waren die Signalkenntnisse nach der Ril 301 der DB Netz zwingend erforderlich. Des Weiteren mussten die Versuchsteilnehmer mit dem deutschen Zugsicherungssystem PZB 90 vertraut sein. Daher wurden zunächst die Teilnehmer im Fahren mit Zusi geschult und erhielten eine Einführung. Dadurch war es möglich, dass alle Versuchsteilnehmer annähernd die gleiche Ausgangslage hatten und die Vorbedingungen für die Untersuchungen nahezu identisch waren. Die gesammelten Erfahrungen beim Vorexperiment führten dazu, dass z.B. der Ablauf des Experiments mit den Tf-Teilnehmern optimiert werden konnte.

### **5.2.5 Statistisches Vorgehen und angewendete Verfahren**

Die statistische Datenanalyse erfolgte mit SPSS (Version 23.0). Die ermittelten Werte wurden mit den entsprechenden statistischen Verfahren analysiert. Die statistischen Grundlagen und angewendeten Verfahren wurden bereits im Rahmen eines Exkurses im Kapitel 3.6 erläutert.

Um die erhobenen Daten übersichtlich darzustellen, wurden diese zunächst deskriptiv ausgewertet. Wenn die deskriptiven Ergebnisse den Hypothesen nicht widersprachen, wurden sie inferenzstatistisch überprüft. Wenn die Ergebnisse nicht der Richtung der Hypothesen entsprachen, erfolgten keine inferenzstatistischen Überprüfungen (siehe Kapitel 3.6.2.1).

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Hypothesenprüfung (zuerst die der Hauptuntersuchung, danach die der Zusatzuntersuchung) präsentiert, bevor die Darstellung der Ergebnisse der Nebenuntersuchung zur Akzeptanz und Gestaltung eines CBT erfolgt.

## **5.3 Ergebnisse**

Ziel der Studie war es, zum einen zu untersuchen, ob ein CBT genauso gut wie eine Mitfahrt bzw. das selbständige Fahren in Begleitung zum Streckenkenntniserwerb geeignet ist. Zum anderen sollte beurteilt werden, ob es ausreichend ist, eine Strecke mit eingeschränkter Streckenkenntnis (nur betriebliche Unterlagen und der Fahrplan sind bekannt) zu befahren. Die Beurteilung erfolgte dabei anhand experimentell erhobener Fahr-, Blick- und subjektiver Daten. Die subjektiven Daten wurden anhand eines Interviews erhoben, welches zusätzlich Fragen zu weiteren Aspekten enthielt, um z.B. Gestaltungsideen und Anregungen der Tf zu sammeln.

### **5.3.1 Ergebnisse der Hypothesenprüfung**

Bezüglich der drei Hypothesen wurde die Abhängigkeit der empirisch erhobenen Daten (AV) von der „Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs“ (UV) untersucht, wobei die UV in die drei Stufen „Eingeschränkte Streckenkenntnis“ („Eingeschränkt“), „Streckenkenntnis durch Mitfahrt und selbständiges Fahren“ („Fahren“) und „Streckenkenntnis durch CBT“ („CBT“) unterteilt worden ist. Die Erläuterung der in die Berechnung eingehenden AV erfolgte bereits im Kapitel 5.2.2.2. Die Ergebnispräsentation erfolgt chronologisch zu jenem Kapitel: Für jede der 9 AV werden die Ergebnisse sowohl der Haupt- als auch der Zusatzuntersuchung dargestellt.

Für jede AV wird zuerst das deskriptiv statistische Ergebnis dargestellt, gefolgt von der inferenzstatistischen Überprüfung. Hierbei wurde für die metrisch skalierten Variablen (alle außer AV 2 und AV 6)

zunächst die einfaktorielle ANOVA angewendet und danach mit dem Post-hoc-Verfahren LSD paarweise verglichen. Bei Nichterfüllung der Voraussetzungen wurden die nichtparametrischen Verfahren H-Test und für den paarweisen Vergleich der U-Test verwendet. Bei den AV 2 und AV 6 handelte es sich um nominal skalierte Variablen. Dort wurde der  $\chi^2$ -Test verwendet. Bei der Zusatzuntersuchung wurde für die AV 1 und AV 3 bis 5 die einfaktorielle ANOVA, hier jedoch mit Messwiederholung, angewendet. Zwar wurde im Kapitel 5.2.2.2 beschrieben, dass nur Vergleiche der ersten mit der dritten Messfahrt notwendig seien. Jedoch wurde sich dazu entschieden, alle drei Messfahrten (erste bis dritte) miteinander zu vergleichen und zu prüfen, ob es von Fahrt zu Fahrt eine „Verbesserung“ gäbe. Bei der Kontrolle der AV 7 bis 9 wurde der t-Test mit Messwiederholung verwendet, da die Fragen nur einmal wiederholt gestellt wurden (und nicht nach jeder Messfahrt). Eine Zusatzuntersuchung der nominal skalierten AV 2 und AV 6 war nicht sinnvoll, dies kann weiter unten in den jeweiligen Kapiteln nachgelesen werden.

Zusätzlich wurde untersucht, ob die AV von den Merkmalseigenschaften der Versuchsteilnehmer abhängig waren. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt am Ende des Kapitels zur Hypothesenprüfung. Auch werden im jenen Kapitel abschließend weitere interessante Beobachtungen aufgezeigt.

Alle Effekte werden ab  $p \leq 0,05$  als signifikant berichtet und auf Tendenzen bzw. Trends mit  $p < 0,1$  (marginale Signifikanz) wird hingewiesen. Bei einer Stichprobe ab 30 Personen kann von einer Normalverteilung ausgegangen werden. Insgesamt nahmen 31 Tf an der Simulatorstudie teil. Die Gruppengrößen waren zwar kleiner, dafür aber annähernd gleich groß (jeweils ca. 10 Teilnehmer). Zusätzlich ist das Testen auf Normalverteilung bei kleinen Stichproben aufgrund der geringen Teststärke problematisch. Aus diesen Gründen wurde auf die Überprüfung der Normalverteilung verzichtet und davon ausgegangen, dass diese vorliegt bzw. aufgrund der gleich großen Gruppen die parametrisch angewendeten Tests robust sind (siehe auch Kapitel 3.6.3 der vorliegenden Arbeit).

Wenn nicht alle Daten der Teilnehmer der einzelnen AV mit in die Betrachtungen einbezogen wurden, wird in den jeweiligen Kapiteln darauf hingewiesen. Ansonsten ist davon auszugehen, dass die Daten aller 31 Teilnehmer der Hauptuntersuchung und 10 Teilnehmer der Zusatzuntersuchung bei der statistischen Berechnung berücksichtigt worden sind.

#### **5.3.1.1 AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke**

Als AV ging der prozentuale Blickanteil auf den Bereich des Zusi-Bildschirms (=Strecke) und des EBUa (=Fahrplan) in die Berechnung ein. Zusätzlich wurde überprüft, ob sich die prozentualen Blickanteile auf das MFD zwischen den Gruppen unterscheiden. Es wurde zwischen den Blickanteilen über die gesamte Fahrt (inklusive Fahr- und Haltezeiten) und nur während des Fahrtvorgangs (das bedeutet ohne den Stillstand im Bahnhof) differenziert. Bei der Betrachtung der Blicke in den Fahrplan wurde zusätzlich der Stillstand im Bahnhof mit einbezogen. Dies hat den Hintergrund, dass die Hypothese zwar für die gesamte Dauer einer Fahrt untersucht werden sollte. Gleichzeitig konnte es aber sein, dass die Haltezeit im Bahnhof diesen Blickanteil beeinflusst bzw. verändert. Denn in jedem Bahnhof hatte der Tf eine Minute zur (freien) Verfügung. Es oblag dem Tf, ob er innerhalb dieser Zeit z.B. in den Fahrplan, auf die Strecke oder aus dem Fenster blickte. Streckenbeobachtung stellt im Bahnhof während des Stillstands keinen sicherheitsrelevanten Aspekt dar und wurde daher nicht untersucht.

In diesem Kapitel werden zunächst die Ergebnisse der Hauptuntersuchung und darauf folgend die Ergebnisse der Zusatzuntersuchung dargestellt. Bei der Hauptuntersuchung wurden zusätzlich die

prozentualen Blickanteile während des Befahrens der vier streckenkenntnisrelevanten Bereiche betrachtet.

### Hauptuntersuchung

In die Betrachtung flossen die Daten von 10 Teilnehmern der Gruppe „Eingeschränkt“, 9 Teilnehmern der Gruppe „Fahren“ und 11 Teilnehmern der Gruppe „CBT“ in die statistischen Berechnungen sein. Die Daten eines Versuchsteilnehmers der Gruppe „Fahren“ konnten hierbei nicht verwendet werden, da die Blickdatenaufzeichnung nicht korrekt erfolgte (vermutet wird als Ursache ein unbemerkter Fehler bei der Kalibrierung).

### Deskriptiv statistisches Ergebnis

Da es sich bei den erhobenen Daten um ein metrisches Skalenniveau handelte, wurden zunächst die arithmetischen Mittel und Standardabweichungen für die Blickanteile berechnet. Die Daten werden in folgender Reihenfolge präsentiert: prozentualer Blickanteil auf die Strecke, prozentualer Blickanteil in den Fahrplan und prozentualer Blickanteil auf das MFD.

Bei den prozentualen Blickanteilen auf die Strecke ergab sich während der gesamten Fahrt und während des Vorgangs des Fahrens bei der Gruppe „Eingeschränkt“ der größte Mittelwert. Bei der gesamten Fahrt waren die Mittelwerte der Gruppen „Eingeschränkt“ und „CBT“ gleich groß. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Versuchsteilnehmer der Gruppe „Fahren“ einen kleineren prozentualen Blickanteil auf die Strecke aufwiesen als die Versuchsteilnehmer der Gruppe „CBT“. Bei Betrachtung des Fahrtvorgangs wies die Mittelwertdifferenz zwischen der Gruppe „Fahren“ und „CBT“ jedoch eine kleinere Differenz auf als zwischen den Gruppen „Eingeschränkt“ und „Fahren“ und „Eingeschränkt“ und „CBT“. Die deskriptiv statistischen Ergebnisse sind in Bild 29 dargestellt.

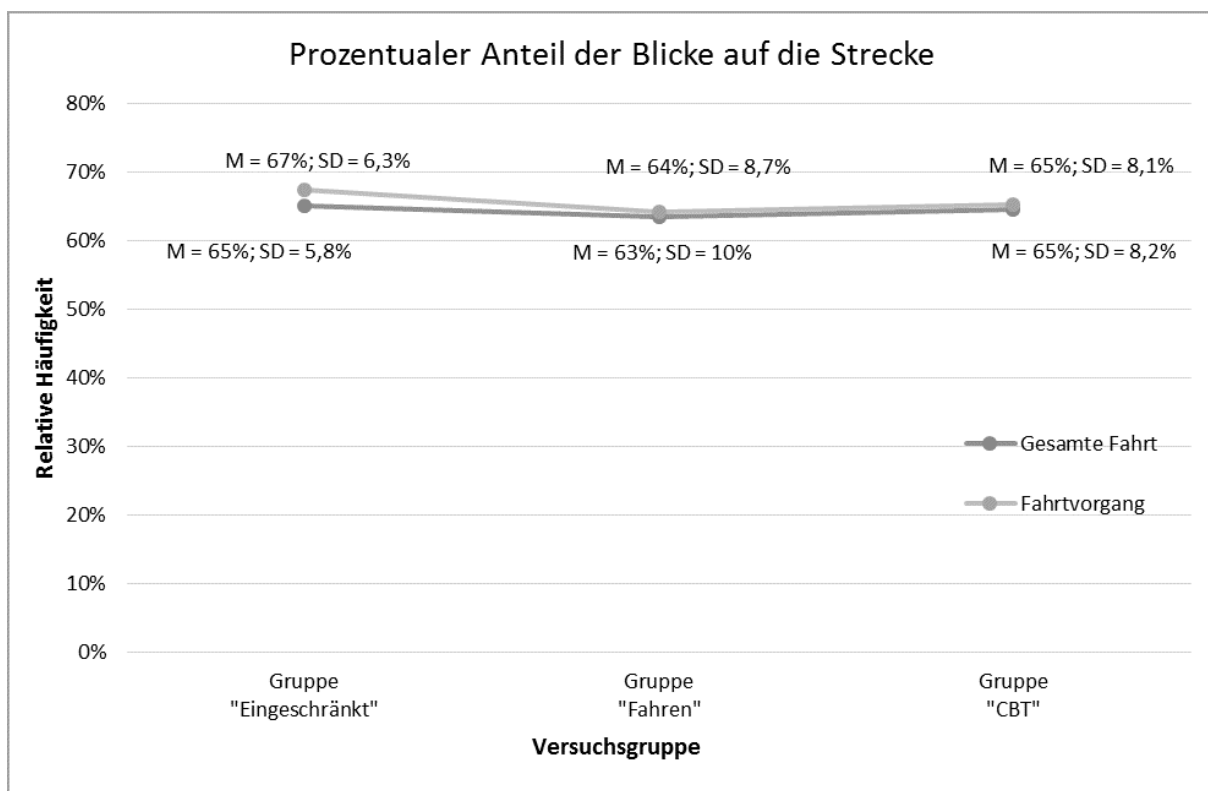
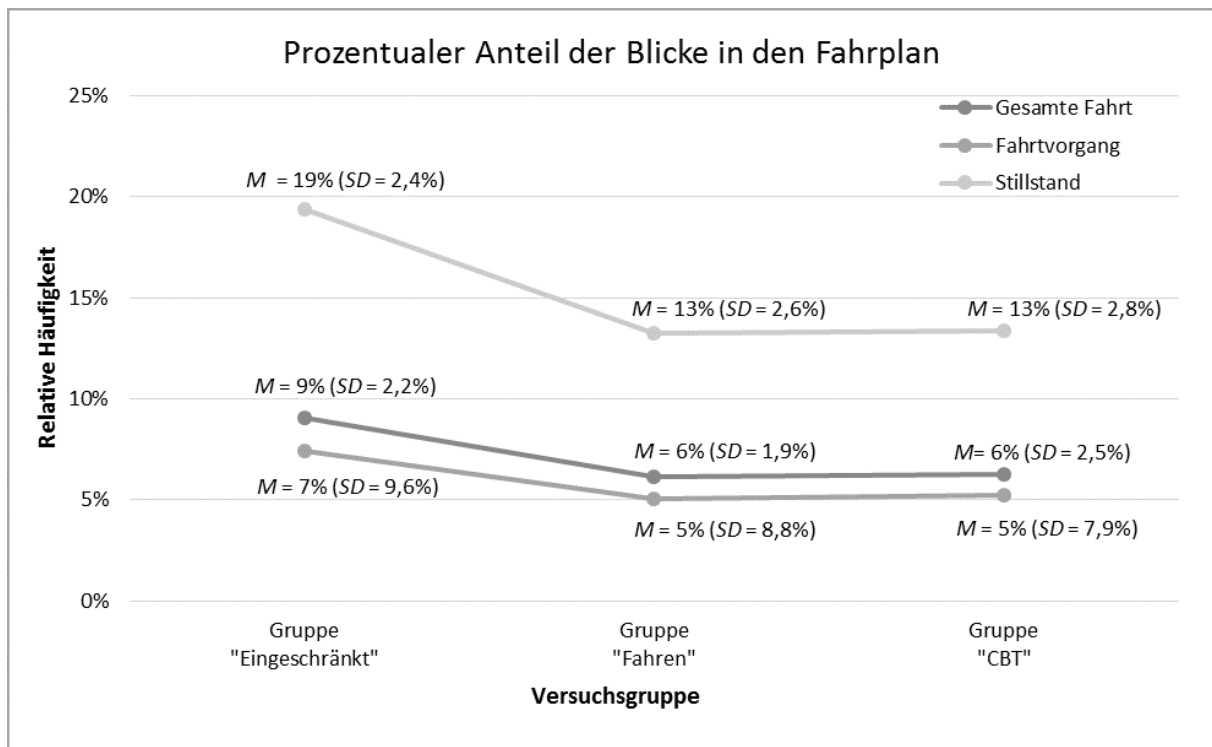


Bild 29: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1, Strecke

Zusätzlich ist statistisch überprüft worden, wie häufig und oft die Versuchsteilnehmer während der gesamten Fahrt, während des Vorgangs Fahren und während des Stillstands in den Fahrplan blickten. Bei allen drei Variablen ergab sich im Vergleich zu den beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ bei der Gruppe „Eingeschränkt“ ein größerer Mittelwert. Das heißt, dass die Versuchsteilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ häufiger in den Fahrplan blickten als die Teilnehmer mit Streckenkenntnis. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Versuchsteilnehmer der Gruppe „Fahren“ einen genauso hohen prozentualen Blickanteil in den Fahrplan aufwiesen wie die Versuchsteilnehmer der Gruppe „CBT“, denn die Mittelwerte waren gleich groß. Die deskriptiven statistischen Ergebnisse sind wegen der besseren Übersichtlichkeit in Bild 30 dargestellt.



**Bild 30: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1, Fahrplan**

Bezüglich der Blicke auf das MFD blickten die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ sowohl während der ganzen Fahrt als auch bei Betrachtung des Fahrtvorgangs (ohne Stillstand im Bahnhof) prozentual weniger auf das Display als die Teilnehmer der anderen beiden Gruppen. Die Mittelwerte der beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ unterschieden sich zwar ein wenig, die Differenz zum Mittelwert der Gruppe „Eingeschränkt“ war jedoch größer. Die exakten Werte der arithmetischen Mittel und Standardabweichungen sind der folgenden Tabelle 19 zu entnehmen.

**Tabelle 19: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1, MFD**

AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke auf das MDF	M [%]			SD [%]		
	Eingeschränkt (n = 10)	Fahren (n = 9)	CBT (n = 11)	Eingeschränkt (n = 10)	Fahren (n = 9)	CBT (n = 11)
Gesamte Fahrt	17	20	22	5	5	7
Fahrtvorgang	18	22	24	5	5	8

*Inferenzstatistische Überprüfung*

Die Mittelwerte der prozentualen Blickanteile auf die Strecke entsprachen nicht der Richtung der Behauptungen der Hypothesen. Da aber bei den prozentualen Blickanteilen auf die Strecke während des Fahrtvorgangs ohne Stillstand im Bahnhof deskriptiv annähernd der umgekehrte Fall zu beobachten war, wurde diesbezüglich doch inferenzstatistisch geprüft, um die Bedeutsamkeit dieser, entgegen der Vermutung, entstandenen Ergebnisse zu bewerten.

Der Levene-Test ergab bei allen Variablen ein nicht signifikantes Ergebnis (Strecke:  $p_{\text{Gesamte Fahrt}} = 0,34$  bzw. Fahrplan:  $p_{\text{Gesamte Fahrt}} = 0,84$ ;  $p_{\text{Fahren}} = 0,68$ ;  $p_{\text{Stillstand}} = 0,94$  bzw. MFD:  $p_{\text{Gesamte Fahrt}} = 0,22$ ;  $p_{\text{Fahren}} = 0,18$ ), sodass die Voraussetzung der Varianzhomogenität erfüllt wurde und die einfaktorielle Varianzanalyse angewendet werden durfte.

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigte bei den prozentualen Blickanteilen auf die Strecke und auf das MDF keinen signifikanten Effekt. Die Unterschiede waren zufällig entstanden. Daher war kein paarweiser Vergleich mehr notwendig. Die exakten statistischen Ergebnisse sind in Tabelle 20 aufgeführt.

Dahingegen zeigte die einfaktorielle Varianzanalyse bei den prozentualen Blickanteilen in den Fahrplan während der gesamten Fahrt und während des Fahrens jeweils ein signifikantes Ergebnis (siehe Tabelle 20). Während des Stillstands im Bahnhof ergab sich kein signifikanter Haupteffekt. Ein paarweiser Vergleich war für den Stillstand daher nicht mehr notwendig.

Beim paarweisen Vergleich der Blicke in den Fahrplan ergab sich bei der Betrachtung sowohl über die gesamte Fahrt als auch über das Fahren ohne Stillstand im Bahnhof unter der Annahme der Nullhypothese eine sehr kleine Wahrscheinlichkeit zwischen den Stufen „Eingeschränkt“ und „Fahren“ bzw. „Eingeschränkt“ und „CBT“. Das bedeutet, dass die zuvor aufgezeigten Unterschiede vermutlich nicht zufällig entstanden sind und somit ein systematischer Effekt vorlag. Die Gruppen „Fahren“ und „CBT“ unterschieden sich nicht. Da die Irrtumswahrscheinlichkeit jeweils deutlich größer als 0,25 war, kann davon ausgegangen werden, dass tatsächlich kein Unterschied bestand und ein eventueller Unterschied nicht fehlerhaft übersehen worden ist (siehe Kapitel 3.6.2.3). In Tabelle 20 sind die Ergebnisse der Tests zusammengefasst.

**Tabelle 20: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der Bedingung „Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs“ – AV 1**

AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke	Haupteffekt UV			Paarweise Vergleiche UV		
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	Eingeschränkt vs. Fahren	Eingeschränkt vs. CBT	Fahren vs. CBT
Streckenbeobachtung: Fahren	2, 27	0,44	<b>0,65</b>	-	-	-
Fahrplan: Gesamte Fahrt	2, 27	3,92	<b>0,03</b>	<b>* (0,02)</b>	<b>* (0,02)</b>	<b>ns (0,92)</b>
Fahrplan: Fahren	2, 27	3,55	<b>0,04</b>	<b>* (0,03)</b>	<b>* (0,03)</b>	<b>ns (0,84)</b>
Fahrplan: Stillstand	2, 27	1,61	0,22	-	-	-
MFD: Gesamte Fahrt	2, 27	1,73	0,2	-	-	-
MFD: Gesamte Fahrt	2, 27	1,99	0,16	-	-	-

Anmerkung: \* $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; †  $p < 0,1$ ; ns: nicht signifikant

### Streckenkenntnisrelevante Bereiche

Im Kapitel 5.2.3.3 wurde bereits erläutert, dass es sich bei den Bereichen „Tunnel“, „Fahrtanzeiger“, „Steigung“ und „Hp Forstweg“ um vier streckenkenntnisrelevante Bereiche handelte, die genauer zu betrachten waren. Es wurde überprüft, ob sich die UV signifikant auf den prozentualen Blickanteil auf die Strecke, den Fahrplan und das MFD in diesen vier Bereichen auswirkte. Wie bei der Hauptuntersuchung beschrieben, konnte dabei ein Datensatz der Gruppe „Fahren“ nicht in die Berechnung eingehen.

### Deskriptiv statistisches Ergebnis

Die Mittelwerte und Standardabweichungen des prozentualen Blickanteils auf die Strecke bei den streckenkenntnisrelevanten Aspekten „Tunnel“, „Fahrtanzeiger“, „Steigung“ und „Hp Forstweg“ sind in Tabelle 21 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass bei allen vier Bereichen der größte Mittelwert bei den Teilnehmern der Gruppe „Eingeschränkt“ ermittelt worden ist. Beim Fahrtanzeiger war der Mittelwert der Gruppe „Fahren“ zwar genauso groß, aber nicht gemäß der Hypothese A kleiner als bei der Gruppe „Eingeschränkt“. Die Mittelwerte der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ wichen insbesondere in den Bereichen „Steigung“ und „Hp Forstweg“ voneinander ab.



**Tabelle 21: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1 Strecke, einzelne Bereiche**

AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke auf die Strecke	M [%]			SD [%]		
	Eingeschränkt (n = 10)	Fahren (n = 9)	CBT (n = 11)	Eingeschränkt (n = 10)	Fahren (n = 9)	CBT (n = 11)
Tunnel	75	70	69	5,8	11	12,3
Fahrtanzeiger	58	58	56	21,2	16,6	16,9
Steigung	59	57	52	6,5	12,7	8,9
Hp Forstweg	83	74	80	6,8	9,4	8,5

Die exakten Mittelwerte und Standardabweichungen des prozentualen Blickanteils in den Fahrplan der vier streckenkenntnisrelevanten Aspekte sind Tabelle 22 zu entnehmen. Daraus ist ersichtlich, dass sich sowohl im Tunnel- als auch im Steigungsbereich bei der Gruppe „Eingeschränkt“ der größte Mittelwert und bei den Gruppen „Fahren“ und „CBT“ die gleichen Mittelwerte ergaben. Beim „Fahrtanzeiger“ wurde der größte Mittelwert zwar mit der Gruppe „Eingeschränkt“ erreicht, jedoch unterschieden sich die Mittelwerte der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ voneinander. Im Bereich des „Hp Forstweg“ ergab sich der kleinste Mittelwert bei der Gruppe „Eingeschränkt“.

**Tabelle 22: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1 Fahrplan, einzelne Bereiche**

AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke in den Fahrplan	M [%]			SD [%]		
	Eingeschränkt (n = 10)	Fahren (n = 9)	CBT (n = 11)	Eingeschränkt (n = 10)	Fahren (n = 9)	CBT (n = 11)
Tunnel	5	2	2	3	4	2
Fahrtanzeiger	11	8	5	9	9	6
Steigung	9	6	6	5	2	5
Hp Forstweg	1	3	3	2	3	3

Den kleinsten prozentualen Blickanteil auf das MFD auf (es wurde jeweils der kleinste Mittelwert erreicht) wiesen bis auf den Bereich des Fahrtanzeigers die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ in den streckenkenntnisrelevanten Bereichen auf. Die Mittelwerte der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ waren bis auf den Bereich „Hp Forstweg“ unterschiedlich groß und bei der Gruppe „CBT“ am größten. Das bedeutet, dass die prozentualen Blickanteile auf das MFD zwischen den Teilnehmer der beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ unterschiedlich waren. Die genauen Mittelwerte und Standardabweichungen sind Tabelle 23 zu entnehmen.

**Tabelle 23: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 1 MFD, einzelne Bereiche**

AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke auf das MFD	M [%]			SD [%]		
	Eingeschränkt (n = 10)	Fahren (n = 9)	CBT (n = 11)	Eingeschränkt (n = 10)	Fahren (n = 9)	CBT (n = 11)
Tunnel	14	19	23	4	7	11
Fahrtanzeiger	27	25	33	17	10	15
Steigung	26	29	36	6	11	7
Hp Forstweg	10	13	13	5	6	8

*Inferenzstatistische Überprüfung*

Da die Ergebnisse der prozentualen Blickanteile auf die Strecke in den streckenkenntnisrelevanten Bereichen den Hypothesen widersprachen (der größte Mittelwert wurde bei den Teilnehmern der Gruppe „Eingeschränkt“ ermittelt, siehe Tabelle 21), wurde inferenzstatistisch nicht mehr überprüft.

Die deskriptiven Ergebnisse des prozentualen Blickanteils in den Fahrplan widersprachen in den Bereichen „Hp Forstweg“ und „Fahrtanzeiger“ den Hypothesen (siehe Mittelwerte in Tabelle 22). Deswegen wurde nur für die Bereiche „Tunnel“ und „Steigung“ inferenzstatistisch geprüft.

Hinsichtlich der prozentualen Blickanteile auf das MFD fand nur eine inferenzstatistische Überprüfung im Bereich „Hp Forstweg“ statt, da in den anderen Bereichen die deskriptiven Werte bereits den Hypothesen widersprachen (siehe Mittelwerte in Tabelle 23).

Der Levene-Test ergab bei allen untersuchten Variablen ein nicht signifikantes Ergebnis (Fahrplan:  $p_{\text{Tunnel}} = 0,9$ ;  $p_{\text{Steigung}} = 0,22$  bzw. MFD:  $p_{\text{Hp Forstweg}} = 0,38$ ), sodass die Voraussetzung der Varianzhomogenität erfüllt wurde.

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigte bei den prozentualen Blickanteilen in den Fahrplan im Bereich des Tunnels ein signifikantes und bei der Steigung ein marginal signifikantes Ergebnis (siehe Tabelle 24). Hinsichtlich der prozentualen Blickanteile auf das MFD wurde kein signifikanter Haupteffekt berichtet ( $F_{\text{Hp Forstweg}}(2, 27) = 0,66$ ;  $p = 0,53$ ). Daher wurden nur die Blickanteile in den Fahrplan im Tunnel- und Steigungsbereich paarweise miteinander verglichen.

Beim paarweisen Vergleich wurde bei der Betrachtung der prozentualen Blickanteile in den Fahrplan im Tunnelbereich ein signifikanter Unterschied zwischen den Stufen „Eingeschränkt“ und „Fahren“ bzw. „Eingeschränkt“ und „CBT“ festgestellt. Im Steigungsbereich ergab sich ein marginal signifikanter Unterschied zwischen den Stufen „Eingeschränkt“ und „Fahren“ bzw. „Eingeschränkt“ und „CBT“. Es liegt also vermutlich ein systematischer Effekt der UV vor. Die Gruppen „Fahren“ und „CBT“ unterschieden sich in beiden Bereichen nicht signifikant voneinander. Da dort die Irrtumswahrscheinlichkeit jeweils größer als 0,25 war, kann davon ausgegangen werden, dass ein eventueller Unterschied nicht fehlerhaft übersehen worden ist. Die exakten Ergebnisse sind in Tabelle 24 dargestellt.

**Tabelle 24: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV – AV 1, einzelne Bereiche**

AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke in den Fahrplan	Haupteffekt UV			Paarweise Vergleiche UV		
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	Eingeschränkt vs. Fahren	Eingeschränkt vs. CBT	Fahren vs. CBT
Tunnel	2, 27	4,59	<b>0,02</b>	* (0,04)	* (0,01)	ns (0,53)
Steigung	2, 27	2,43	<b>0,107</b>	† (0,07)	† (0,07)	ns (0,91)

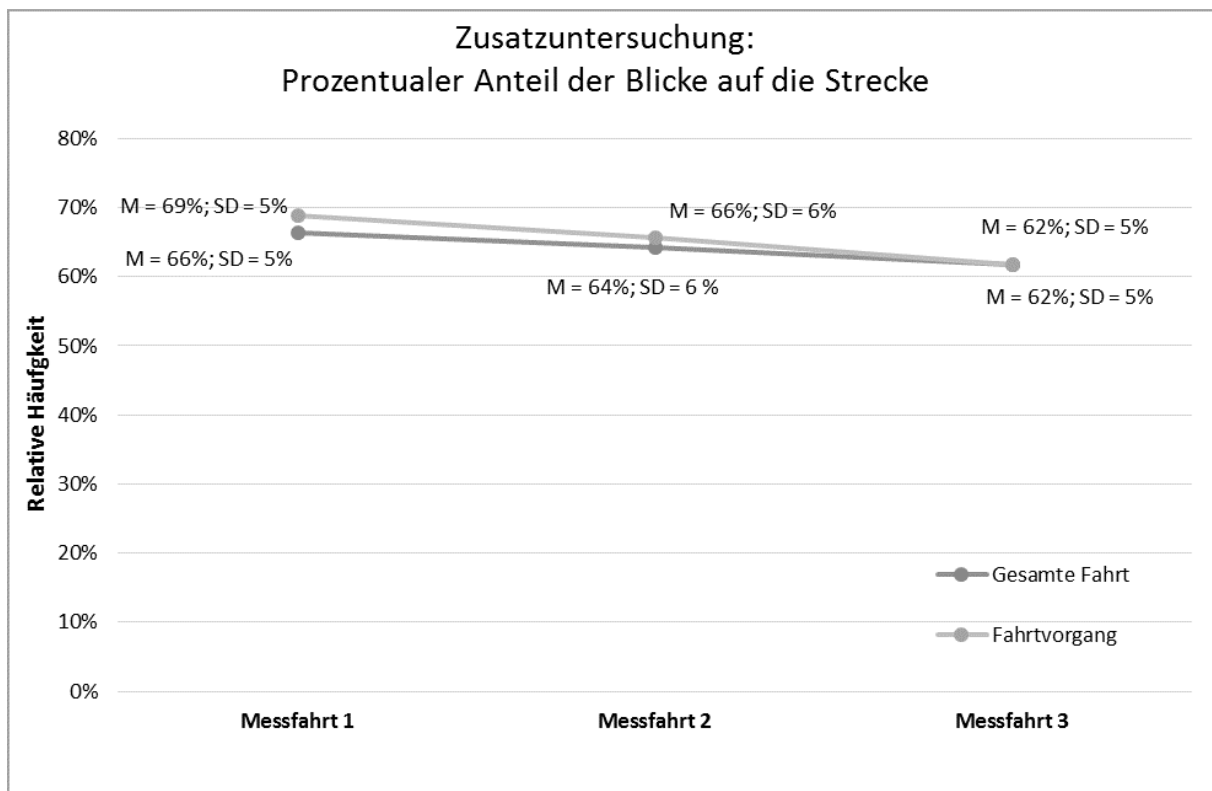
Anmerkung: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; †  $p < 0,1$ ; ns: nicht signifikant

### Zusatzuntersuchung der prozentualen Blickanteile

Bei der Zusatzuntersuchung wurden die Blickdaten von 9 der insgesamt 10 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ verwendet. Dass ein Datensatz fehlte, lag daran, dass die Blickanteile eines Teilnehmers bei der zweiten Fahrt nicht verwendet werden konnten, weil ein Fehler bei der Datenaufzeichnung der Blicke erfolgte. Die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

### Deskriptiv statistisches Ergebnis

Die Versuchsteilnehmer haben bei der ersten Fahrt prozentual am meisten und bei der dritten Fahrt am wenigsten auf die Strecke geblickt. Auch während des Vorgangs Fahren (d.h. ohne Berücksichtigung des Stillstands an den Bahnsteigen) wurde der größte Mittelwert bei der ersten und der kleinste Mittelwert bei der dritten Fahrt erreicht. Die einzelnen deskriptiv statistischen Ergebnisse (Mittelwerte und Standardabweichungen) sind in Bild 31 dargestellt.

**Bild 31: Deskriptiv statistisches Ergebnis der Zusatzuntersuchung – AV 1, Strecke**

Die Versuchsteilnehmer haben sowohl während der gesamten Fahrt als auch während des Fahrtvorgangs bei der ersten Fahrt am meisten in den Fahrplan geblickt. Bei Betrachtung der Blicke während des Stillstands verringerten sich die Mittelwerte nicht über die Messfahrten: Zwar wurde bei der ersten Messfahrt der prozentual höchste Wert und bei der dritten Fahrt ein kleinerer Mittelwert festgestellt. Allerdings wurde bei der zweiten Fahrt der kleinste Mittelwert erreicht. Die exakten Mittelwerte und Standardabweichungen können Tabelle 25 entnommen werden.

**Tabelle 25: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV1 mit Messwiederholung, Fahrplan**

Messwiederholung: AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke in den Fahrplan	M [%]			SD [%]		
	Messfahrt 1 (n = 9)	Messfahrt 2 (n = 9)	Messfahrt 3 (n = 9)	Messfahrt 1 (n = 9)	Messfahrt 2 (n = 9)	Messfahrt 3 (n = 9)
Gesamte Fahrt	9	7	6	2	2	2
Fahren	7	6	4	2	2	2
Stillstand	20	15	18	10	5	13

Die Versuchsteilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ erreichten bei der Betrachtung sowohl der gesamten Fahrt als auch bei der Fahrt ohne Stillstand im Bahnhof bei der ersten Messfahrt den kleinsten Mittelwert und bei der dritten Messfahrt den größten Mittelwert der prozentualen Blickanteile auf das MFD. Das heißt, dass die Teilnehmer immer häufiger auf das MFD blickten. Die Mittelwerte und Standardnormalverteilungen sind in Tabelle 26 aufgeführt.

**Tabelle 26: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV1 mit Messwiederholung, MFD**

Messwiederholung: AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke auf das MFD	M [%]			SD [%]		
	Messfahrt 1 (n = 9)	Messfahrt 2 (n = 9)	Messfahrt 3 (n = 9)	Messfahrt 1 (n = 9)	Messfahrt 2 (n = 9)	Messfahrt 3 (n = 9)
Gesamte Fahrt	16	20	23	3	5	5
Fahren	17	22	26	4	5	5

### *Inferenzstatistische Überprüfung*

Zwar widersprachen die deskriptiven Messwerte der prozentualen Blickanteile auf die Strecke den Richtungen der Hypothese. Dennoch sollte – gerade weil die Richtung der Ergebnisse genau entgegengesetzt der Vermutungen war – überprüft werden, ob die Verringerung der Blickanteile auf die Strecke während der gesamten Fahrt und während des Fahrtvorgangs signifikant war.

Die deskriptiven Ergebnisse der Blicke in den Fahrplan während des Stillstands im Bahnhof widersprachen der Vermutung. Eine inferenzstatistische Überprüfung fand daher nur für die gesamte Fahrt und den Fahrtvorgang ohne Stillstand statt.

Die Ergebnisse der Blicke auf das MFD entsprachen den Vermutungen. Eine inferenzstatistische Überprüfung wurde daher sowohl für die gesamte Fahrt als auch für den „Fahrtvorgang“ durchgeführt.

Der Mauchly-Test auf Sphärizität ergab hierbei jeweils ein deutlich nicht signifikantes Ergebnis (Strecke:  $p_{\text{Gesamte Fahrt}} = 0,64$ ;  $p_{\text{Fahren}} = 0,61$  bzw. Fahrplan:  $p_{\text{Gesamte Fahrt}} = 0,83$ ;  $p_{\text{Fahren}} = 0,72$  bzw. MFD:  $p_{\text{Gesamte Fahrt}} = 0,9$ ;  $p_{\text{Fahren}} = 0,65$ ). Dies bedeutet, dass die Sphärizitätsannahme nicht verletzt und die Voraussetzung der Homogenität der Differenz der Varianzen erfüllt war.

Bei der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab sich bei der Betrachtung der prozentualen Blickanteile auf die Strecke ein hoch signifikantes Ergebnis. Alle übrigen Ergebnisse konnten als höchst signifikant berichtet werden. Es könnte aber sein, dass die Sphärizität der Daten verletzt war, obwohl der Mauchly-Test eine solche Verletzung nicht anzeigte. Die bei „Greenhouse-Geisser“ angegebene Wahrscheinlichkeit des F-Wertes veränderte die Ergebnisse nicht. Der Einfluss der Messwiederholung auf die prozentualen Blickanteile in den Fahrplan war somit auch nach der Korrektur der Freiheitsgrade hoch bzw. höchst signifikant. Die genaueren Ergebnisse sind in Tabelle 27 dargestellt.

Durch den jeweils paarweisen Vergleich zwischen der ersten und dritten Messfahrt wurde deutlich, dass die Unterschiede hinsichtlich der prozentualen Blickanteile auf die Strecke über die gesamte Fahrt hoch signifikant und alle übrigen paarweisen Vergleiche zwischen der ersten und dritten Messfahrt höchst signifikant waren. Das heißt, dass die Differenzen vermutlich nicht zufällig entstanden waren. Bei dieser Untersuchung waren vor allem die Vergleiche zwischen der ersten und der dritten Messfahrt maßgeblich. Die Vergleiche der beiden Messfahrten 1 und 2 oder 2 und 3 waren nicht ausschlaggebend. Daher ist es akzeptabel, dass z.B. bei der Betrachtung der prozentualen Blickanteile in den Fahrplan während des Fahrtvorgangs zwischen der ersten und zweiten Messfahrt kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte. Alle paarweisen Vergleiche sind in Tabelle 27 zusammengefasst.

**Tabelle 27: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV der Messwiederholung – AV 1**

Messwiederholung: AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke	Test der Innersubjekteffekte				Paarweise Vergleiche		
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i> (Sphä- rizität)	<i>p</i> (Green house- Geis- ser)	Messfahrt 1 vs. Messfahrt 2	Messfahrt 1 vs. Messfahrt 3	Messfahrt 2 vs. Messfahrt 3
Strecke: Gesamte Fahrt	2, 16	8,13	<b>0,004</b>	0,005	† (0,08)	<b>** (0,008)</b>	* (0,04)
Strecke: Fahren	2, 16	26,06	<b>0,000</b>	0,000	* (0,02)	<b>*** (0,000)</b>	<b>*** (0,001)</b>
Fahrplan: Gesamte Fahrt	2, 16	12,38	<b>0,001</b>	0,001	<b>** (0,01)</b>	<b>*** (0,001)</b>	ns (0,14)
Fahrplan: Fahren	2, 16	16,49	<b>0,000</b>	0,000	ns (0,12)	<b>*** (0,000)</b>	† (0,06)
MFD: Gesamte Fahrt	2, 16	44,02	<b>0,000</b>	0,000	<b>*** (0,000)</b>	<b>*** (0,000)</b>	<b>** (0,006)</b>
MFD: Fahren	2, 16	48,82	<b>0,000</b>	0,000	<b>*** (0,000)</b>	<b>*** (0,000)</b>	<b>** (0,005)</b>

Anmerkung: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$ ; \*\*\* $p \leq 0,001$ ; † $p < 0,1$ ; ns: nicht signifikant

### 5.3.1.2 AV 2: Grad der Fixation schlecht einsehbarer Signale

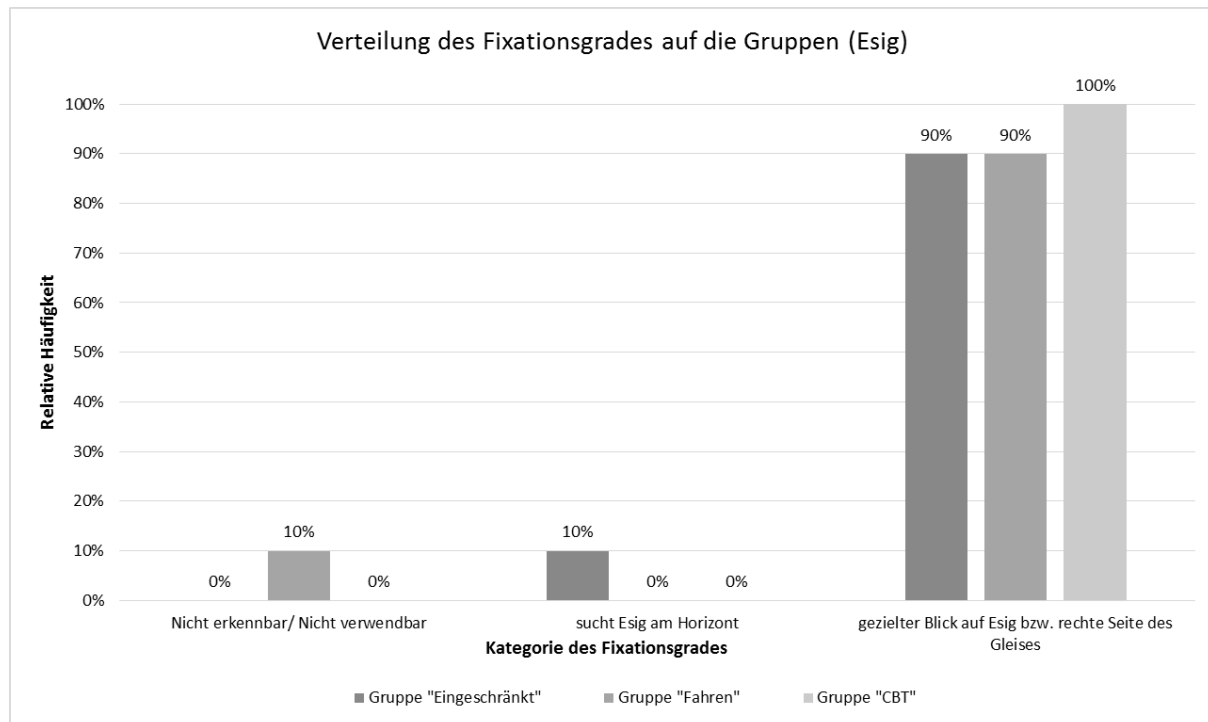
Auf der Versuchsstrecke gab es zwei Signale, die schlecht zu sehen waren: Das Esig von Frellendorf 200 m hinter dem Tunnel in einer Rechtskurve und das Asig von Frellendorf, welches vom Bahnsteigende aus noch nicht gesehen werden konnte, da es hinter einer Brücke aufgestellt war. Der Fahrtbegriff des Asig wurde daher durch einen Fahrtanzeiger angezeigt.

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Hauptuntersuchung dargestellt. Bevor danach die Zusatzuntersuchung präsentiert wird, werden die Ergebnisse eines zweiten Ansatzes zur Beurteilung der Einsehbarkeit der Signale gezeigt.

#### Hauptuntersuchung

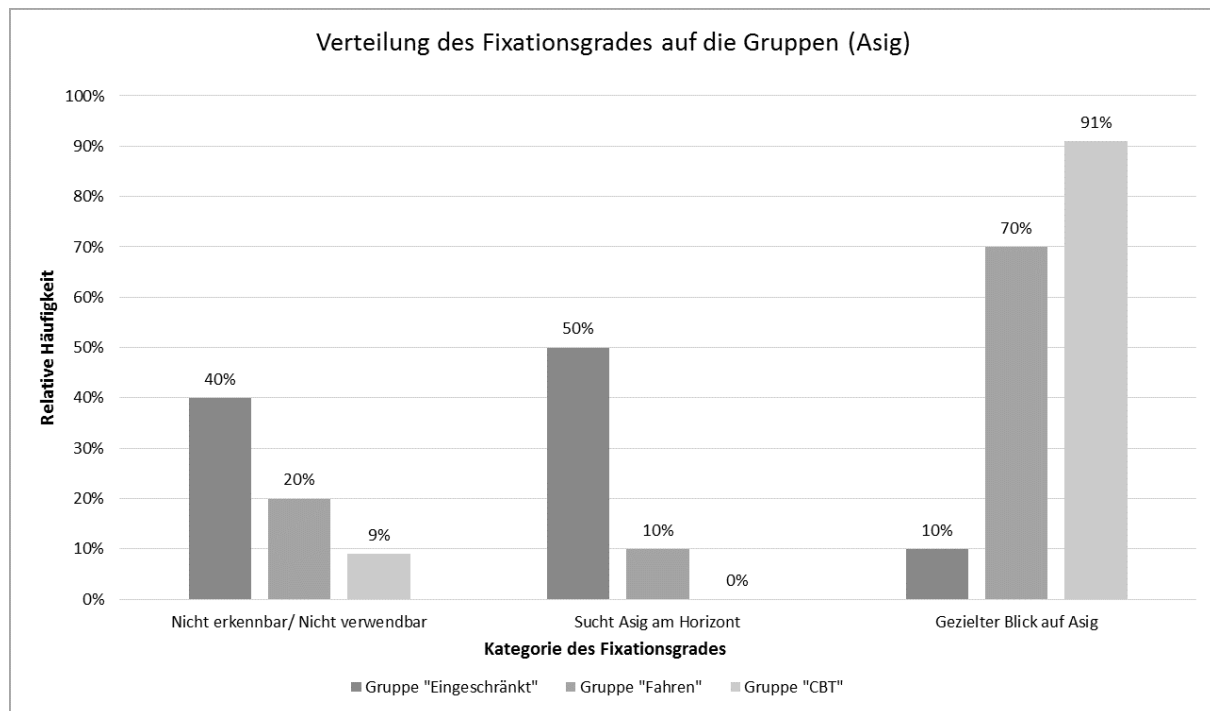
##### *Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Bei der Überprüfung der Wirkung der UV auf den Grad der Fixierung des Esig Frellendorf bestand die Möglichkeit, dass zum einen ein gezielter Blick auf das Esig bzw. ein gezielter Blick auf die rechte Seite des Gleises erfolgte (dies wird als gleichwertig und Optimum angesehen). Zum anderen war es möglich, dass der Versuchsteilnehmer das Esig am Horizont suchte. Weiterhin kam es auch vor, dass keine Einschätzung des Blickes vorgenommen werden konnte, da das Blickverhalten nicht exakt erkannt wurde. Dies war bei einem Versuchsteilnehmer der Gruppe „Fahren“ der Fall, da er am im Tunnel liegenden 500 Hz-Magneten zwangsgebremst worden ist und daher zunächst nicht auf das Esig blickte. Bis auf einen Versuchsteilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“, der das Signal am Horizont suchte, wiesen alle anderen Teilnehmer jeder Gruppe einen gezielten Blick auf:  $n_{\text{Eingeschränkt}} = 9$  (90 %),  $n_{\text{Fahren}} = 9$  (90 %),  $n_{\text{CBT}} = 11$  (100 %). Die deskriptiven Ergebnisse sind im Bild 32 dargestellt.



**Bild 32: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 2, Esig Frellendorf**

Zum deskriptiv statistischen Ergebnis der AV bezüglich der Fixation des Asig von Frellendorf kann keine eindeutige Aussage gegeben werden, denn es konnte bei einigen Teilnehmern nicht eindeutig festgestellt werden, ob diese gezielt auf das Asig blickten oder es am Horizont suchten. Bei der Gruppe „Eingeschränkt“ war der Fixationsgrad bei 4 von 10 Teilnehmern nicht eindeutig erkennbar. Bei der Gruppe „Fahren“ konnten bei 2 der 10 Teilnehmer und bei der Gruppe „CBT“ bei 1 von 11 Teilnehmern keine eindeutigen Aussagen getroffen werden. Zwar wurde der Grad der Fixation bei allen erkennbaren Blicken der Teilnehmer der Gruppe „CBT“ und bei der Gruppe „Fahren“ bei 7 Teilnehmern mit „Gezielter Blick auf Asig“ eingestuft, wohingegen bereits bei den Teilnehmern der Gruppe „Eingeschränkt“ 5 Teilnehmer das Asig am Horizont suchten. Dennoch könnten die Ergebnisse durch die fehlenden Daten beeinflusst werden. Da jedoch durch die 5 Teilnehmer der Kategorie „Sucht Asig am Horizont“ der Gruppe „Eingeschränkt“ hinsichtlich der deskriptiven Werte eine leichte Tendenz zu erkennen war, sind im Bild 33 die Ergebnisse ohne Berücksichtigung der fehlenden Werte aller Gruppen dargestellt. Hinsichtlich des Vergleichs der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ können keine eindeutigen Aussagen getroffen werden, da die zwei fehlenden Teilnehmer die Ergebnisse noch beeinflussen könnten. Bezüglich der Vergleiche der Gruppen „Eingeschränkt“ und „Fahren“ sowie „Eingeschränkt“ und „CBT“ lässt sich jedoch eine Tendenz dahin gehend erkennen, dass die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ das Asig weniger stark fixierten als die Teilnehmer der Gruppen „Fahren“ und „CBT“. Mit der Inferenzstatistik galt es dann zu überprüfen, ob dieser Trend überhaupt interpretiert werden darf.



**Bild 33: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 2, Asig Frellendorf**

#### *Inferenzstatistische Überprüfung*

Bei der Anwendung des zweidimensionalen  $\chi^2$ -Test der AV für das Esig Frellendorf wurde aufgrund der nicht eingehaltenen Voraussetzung der Häufigkeiten (50 % der Zellen hatten eine kleiner Häufigkeit als 5) in SPSS der exakte Wert berechnet, sodass sich ein exakt nicht signifikantes Ergebnis ergab ( $\chi^2_{(N=30)} = 1,9$ ;  $p = 0,63$ ).

Auch für die Überprüfung der AV 2 hinsichtlich des Asig von Frellendorf wurde die Voraussetzung der Häufigkeiten nach dem Eliminieren der Kategorie „Nicht erkennbar/Nicht verwendbar“ nicht erfüllt: 66,7 % der Zellen hatten eine kleinere Häufigkeit als 5. Daher wurde auch hier der exakte Wert berechnet. Dabei ergab sich ein höchst signifikantes Ergebnis:  $\chi^2_{(N=24)} = 12,55$ ;  $p = 0,001$ . Es kann somit ein Zusammenhang zwischen dem Fixationsgrad des Asig von Frellendorf und der UV angenommen werden.

#### **Weitere statistische Überprüfung: Reaktion bei schlecht einsehbaren Signalen**

Die Ergebnisse der Überprüfung der beiden schlecht zu sehenden Signale (Esig und Asig von Frellendorf) hinsichtlich des Fixationsgrades waren widersprüchlich: Beim Esig wirkte die UV nicht, beim Asig wahrscheinlich hingegen schon. Außerdem konnten beim Asig nicht alle Blicke beurteilt werden. Entscheidend ist es auch, wie schnell reagiert werden kann, sobald der Fahrtbegriff erkennbar ist (und zwar nicht erst, wenn der Tf diesen sieht, sondern dann, wenn ein grundsätzliches Erkennen möglich wäre). Es wurde daher eine zusätzliche Überprüfung mittels beobachteter Daten durchgeführt. Hierbei handelte es sich um qualitative Daten, denn es lagen dafür keine genauen Messdaten vor.

Beim Esig Frellendorf bremste jeder Tf auf das Halt zeigende Signal zu. Bei den Videoaufzeichnungen mittels des Dikablis-Systems war die Brems- und Beschleunigungsanzeige zu sehen. Es wurde die Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt, an dem das Signal von Halt- auf Fahrtstellung wechselte, und



der Tf darauf reagierte (d.h., die Bremse löste oder wieder beschleunigte), betrachtet. Kategorisiert wurde dabei wie folgt: „Nicht erkennbar/Nicht verwendbar“, „Genau zum richtigen Zeitpunkt (Bremse lösen bzw. Beschleunigen)“ und „ein wenig zu spät (spätere Reaktion)“.

Beim Asig Frellendorf wurde beobachtet, wie schnell sich der Tf aus der Bewachung befreite, wenn es möglich war die Signalstellung des Asig zu erkennen. Es wurden folgende Kategorien zur Beurteilung verwendet: „Nicht erkennbar/Nicht verwendbar“, „Genau an der richtigen Stelle (Befreiung)“, „ein wenig zu spät (spätere Reaktion)“ und „Blick erfolgt zwar fokussiert, sieht Signalbegriff erst zu spät, da Tf öfter auf MFD schaut“.

### *Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Bei der Beurteilung der Reaktion der Teilnehmer beim Esig ergab sich, dass 80 % der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“, ebenfalls 80 % der Teilnehmer der Gruppe „Fahren“ und „91 %“ der Teilnehmer der Gruppe „CBT“ genau zum richtigen Zeitpunkt auf die Fahrtstellung des Signals reagierten. Bei 2 Teilnehmern (20 %) der Gruppe „Eingeschränkt“ wurde nicht sicher erkannt, ob die Reaktion zum exakten Zeitpunkt erfolgte, sie wurden daher der Kategorie „Nicht erkennbar/Nicht verwendbar“ zugeordnet. Dies war auch bei einem Teilnehmer jeweils der Gruppe „Fahren“ und „CBT“ der Fall. Ein Teilnehmer (10 %) der Gruppe „Fahren“ reagierte ein wenig zu spät auf die Fahrtstellung des Signals. Somit konnten auch bei dieser Betrachtung bezüglich des schlecht einsehbaren Esig keine großen Unterschiede festgestellt werden. Eine inferenzstatistische Beurteilung war hier nicht mehr notwendig.

Die Hypothesen A und B können deskriptiv hinsichtlich der Reaktion auf das Asig nicht beurteilt werden, denn bei 9 der 10 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ war die Reaktionszeit nicht eindeutig erkennbar, sodass sie der Kategorie „Nicht erkennbar/Nicht verwendbar“ zugewiesen wurden. Dies lag z.B. daran, dass einige Teilnehmer bereits eine etwas größere Verspätung hatten und dadurch beim Vorbeifahren am Esig der Signalbegriff „Fahrt erwarten“ angezeigt worden ist. Somit wurden sie nicht mehr überwacht und mussten sich nicht mehr befreien. Deskriptiv wurde also hinsichtlich der Reaktion beim Asig ein Augenmerk auf die Gruppen „Fahren“ und „CBT“ gelegt: Auch hier mussten jeweils 4 Teilnehmer der Kategorie „Nicht erkennbar/Nicht verwendbar“ zugewiesen werden. Die übrigen 60 % der Gruppe „Fahren“ reagierten sofort, als das Asig erkennbar war. Bei der Gruppe „CBT“ waren es hingegen nur 46 %, die sofort reagierten. 18 % der Gruppe reagierten ein wenig zu spät. Sie hatten das Asig zwar fixiert, schauten jedoch auch öfter auf das MFD. Bei der geringen Teilnehmeranzahl und erkannten Reaktionen war auch hier die inferenzstatistische Überprüfung nicht sinnvoll.

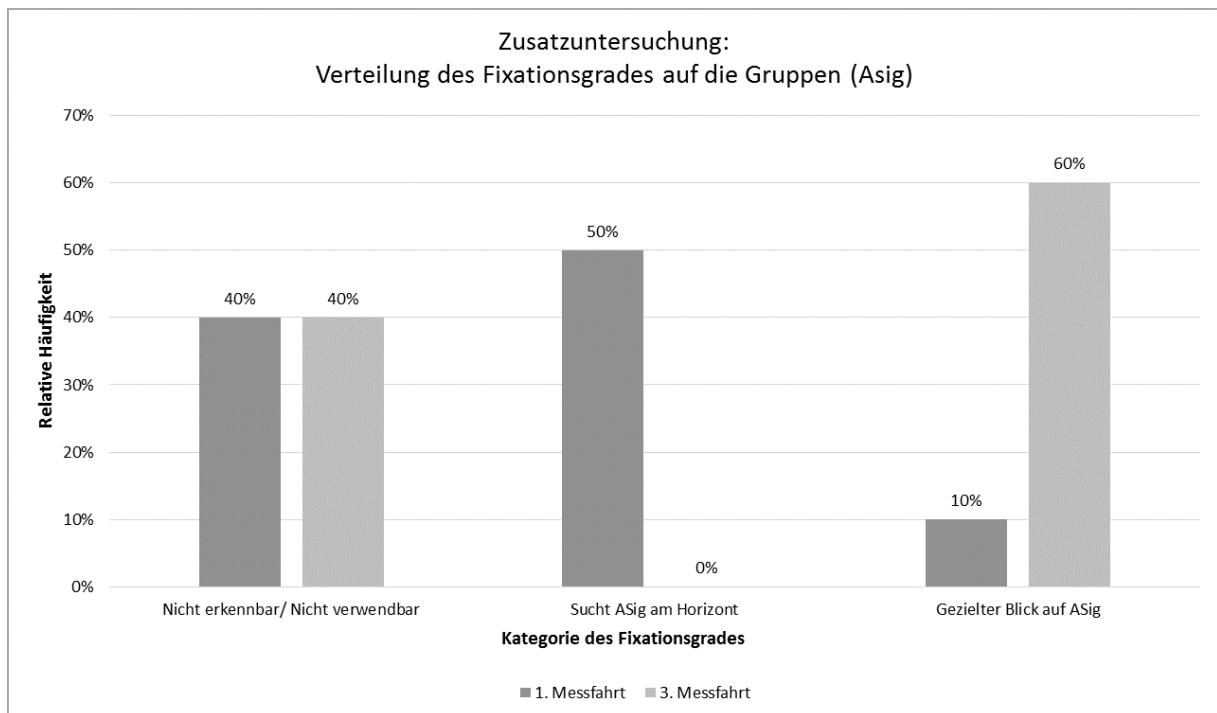
### **Zusatzuntersuchung**

#### *Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Da bereits 9 von 10 Teilnehmern gezielt auf das Esig bzw. auf die rechte Seite des Gleises blickten, war eine Zusatzuntersuchung hierfür nicht sinnvoll. Zwar blickte der Teilnehmer, der bei der ersten Fahrt noch das Signal am Horizont suchte bei der zweiten und dritten Fahrt gezielt auf das Esig von Frellendorf. Jedoch ist dies bei den vorliegenden Zahlen wenig aussagekräftig.

Beim Asig ließen sich deskriptiv Verbesserungen hinsichtlich der Fixation auf das Asig von der ersten gegenüber der dritten Fahrt feststellen. Konnte bei der ersten Fahrt lediglich bei einem Versuchsteil-

nehmer die Fixation des ASig und bei 5 Teilnehmern das Suchen des ASig am Horizont beobachtet werden, blickten bei der dritten Fahrt bereits 6 Teilnehmer gezielt auf das ASig. Bei 4 Teilnehmern konnten bei der dritten Messfahrt die Blicke nicht eingeschätzt werden. Drei der 4 Teilnehmer, die bei der ersten Fahrt das Signal suchten, fixierten dieses bei der dritten Fahrt. Bei einem dieser 4 Teilnehmer konnte keine eindeutige Aussage zur Fixation bei der dritten Fahrt gegeben werden (nicht erkennbar). Dies ist zur Verdeutlichung in Bild 34 dargestellt.



**Bild 34: Deskriptiv statistisches Ergebnis der Zusatzuntersuchung – AV 2, ASig Frellendorf**

### 5.3.1.3 AV 3: Mittelwert der Bremszeiten bis zum Stillstand im Bf

Auf der Versuchsstrecke gab es insgesamt vier Halte (drei Bahnhöfe und einen Haltepunkt), bei denen die Bremszeit bis zum Stillstand erfasst worden ist. Die Bremszeit setzte sich zusammen aus der Summe der Bremszeiten für die vier Halte. Zur genauen Berechnung des Wertes sei auf Kapitel 5.2.2.2 verwiesen.

## Hauptuntersuchung

### *Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Die deskriptiven Ergebnisse der Mittelwerte hinsichtlich der Bremszeit in Sekunden widersprachen bereits den Hypothesen, da diese bei allen drei Gruppen annähernd gleich waren ( $M_{\text{Eingeschränkt}} = 131$  s,  $SD_{\text{Eingeschränkt}} = 32$  s;  $M_{\text{Fahren}} = 130$  s,  $SD_{\text{Fahren}} = 19$  s;  $M_{\text{CBT}} = 134$  s,  $SD_{\text{CBT}} = 17$  s). Eine inferenzstatistische Überprüfung war daher nicht mehr notwendig. Allerdings wies die Gruppe „Eingeschränkt“ eine deutlich größere Streuung der Werte als die Werte der anderen Gruppen auf (insbesondere in den Bereich nach oben).

### **Zusatzuntersuchung**

Bei der Zusatzuntersuchung wurden die Fahrdaten von 9 der insgesamt 10 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ verwendet. Bei der Hauptuntersuchung lieferten hingegen alle 10 Teilnehmer Daten. Dass bei der Zusatzuntersuchung ein Datensatz fehlte, lag daran, dass 1 Teilnehmer bei seiner dritten Fahrt eine 2000 Hz-Beeinflussung bei der Zufahrt auf einen Bahnhof erhielt und somit zwangsgebremst wurde und den Bremsvorgang nicht mehr selbst vornahm. Zudem musste er anschließend bis zum Halt im Bahnhof am Bahnsteigende beschleunigen, was die Fahrzeit bis zum Stillstand im Bahnhof zusätzlich verlängerte. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten wurde, sich dazu entschieden, diesen Datensatz nicht zu verwenden.

#### *Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Die 9 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ haben bei der ersten Messfahrt am längsten für die vier Bremsvorgänge bis zum Stillstand gebraucht ( $M_{1. \text{ Fahrt}} = 135 \text{ s}$ ,  $SD_{1. \text{ Fahrt}} = 32 \text{ s}$ ). Am schnellsten sind die Teilnehmer bei der dritten Messfahrt zum Stillstand gekommen ( $M_{3. \text{ Fahrt}} = 120 \text{ s}$ ,  $SD_{3. \text{ Fahrt}} = 28 \text{ s}$ ). Der Mittelwert der zweiten Fahrt reihte sich dazwischen ein, war aber nur geringfügig kleiner als der der ersten Fahrt ( $M_{2. \text{ Fahrt}} = 132 \text{ s}$ ,  $SD_{2. \text{ Fahrt}} = 29 \text{ s}$ ).

#### *Inferenzstatistische Überprüfung*

Es galt zu überprüfen, ob die Differenz der Mittelwerte der Bremszeiten bis zum Stillstand im Bahnhof signifikant war. Der Mauchly-Test auf Sphärizität ergab hierbei ein nicht signifikantes Ergebnis mit  $p = 0,24$ . Dies bedeutet, dass die Varianzen der Differenzen homogen waren und die Sphärizitätsannahme somit nicht verletzt wurde.

Bei der Auswertung der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab sich, dass der Unterschied zwischen den drei Messungen hoch signifikant war (siehe Tabelle 28). Die bei „Greenhouse-Geisser“ angegebene Wahrscheinlichkeit des  $F$ -Wertes lag bei  $p = 0,02$  (falls die Sphärizitätsannahme doch verletzt sein würde). Der Einfluss der Messwiederholung auf die Mittelwerte der Bremszeiten bis zum Stillstand im Bahnhof war also auch nach der Korrektur der Freiheitsgrade signifikant.

Aus dem paarweisen Vergleich zwischen den einzelnen Messfahrten wurde deutlich, dass sich die Mittelwerte der Messfahrten 1 und 3 marginal signifikant und die Mittelwerte der Messfahrten 2 und 3 hoch signifikant voneinander unterschieden. Bei den Mittelwerten der beiden Messfahrten 1 und 2 wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt. Die paarweisen Vergleiche sind in Tabelle 28 dargestellt.

**Tabelle 28: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV der Messwiederholung – AV 3**

Messwiederholung:  Mittelwert der Bremszeiten bis zum Stillstand im Bf	Test der Innersubjekteffekte				Paarweise Vergleiche		
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i> (Sphä- rizität)	<i>p</i> (Greenhouse- Geisser)	Messfahrt 1 vs. Messfahrt 2	Messfahrt 1 vs. Messfahrt 3	Messfahrt 2 vs. Messfahrt 3
	2, 16	5,82	<b>0,01</b>	0,02	ns (1)	<b>† (0,06)</b>	<b>** (0,01)</b>

Anmerkung: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$ ; \*\*\* $p \leq 0,001$ ; † $p < 0,1$ ; ns: nicht signifikant

#### 5.3.1.4 AV 4: Mittelwert der Fahrzeit

Bei der Überprüfung der Wirkung der UV auf die AV „Fahrzeit“ wurde bei den Mittelwerten der Zeiterfassung unterschieden zwischen der gesamten Fahrt und der Fahrzeit ohne Bremsen im Bahnhofsbereich (d.h. ohne Bremsen ab Bahnsteigkantenanfang bis zum Stillstand im jeweiligen Bahnhof oder Haltepunkt). Bereits während der Durchführung der einzelnen Versuche war auffällig, dass die Versuchsteilnehmer sehr unterschiedlich auf einen Halt hinzu bremsen. Auch wurde nicht immer – wie gefordert – am Ende des Bahnsteigs gehalten, sondern auch in der Mitte oder im letzten Drittel des Bahnsteigs. Dies hatte teilweise sehr unterschiedliche Bremszeiten im Bahnhof bis zum Stillstand zur Folge.

#### Hauptuntersuchung

Bei der Betrachtung der Fahrzeit konnten nur die Daten von 9 der 10 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ verwendet werden, da 1 Teilnehmer dieser Gruppe generell zu langsam fuhr. Er überschritt – aufgrund eines Missverständnisses – die sonst übliche Maximalgeschwindigkeit von 100 km/h bei eingeschränkter Streckenkenntnis nicht. Die Ergebnisse dieses Teilnehmers lassen sich daher nicht mit den Fahrzeiten der anderen Teilnehmer vergleichen. Auch bei der Gruppe „Fahren“ konnten nur die Daten von 9 der 10 Teilnehmer der Gruppe „Fahren“ statistisch ausgewertet werden, da 1 Teilnehmer im Tunnel wegen zu hoher Geschwindigkeit am 500 Hz-Magneten zwangsgebremst worden war. Somit waren auch dessen Daten nicht mehr mit denen der anderen Teilnehmer vergleichbar.

Einige Teilnehmer haben die erlaubte Geschwindigkeit überschritten. Dies war aber stets nur einige Sekunden der Fall und es handelte sich um keine großen Geschwindigkeitsüberschreitungen, sodass hierdurch keine Beeinflussung hinsichtlich der Fahrzeit bestand. Der Zeitgewinn durch das schnellere Fahren belief sich auf unter 1 s. Daher wurden die Geschwindigkeitsüberschreitungen bei der Fahrtbetrachtung nicht gesondert berücksichtigt.

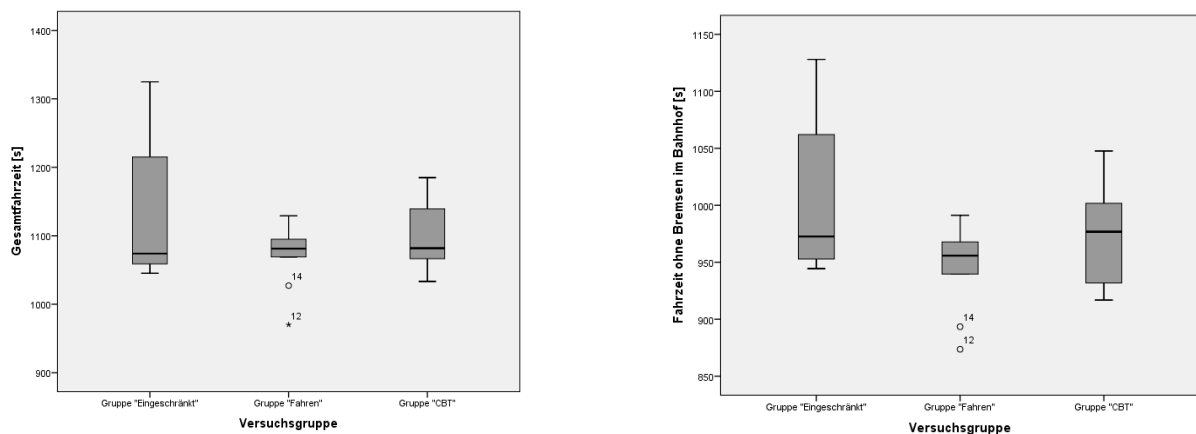
#### Deskriptiv statistisches Ergebnis

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Gesamtfahrzeit sind in Tabelle 29 den Mittelwerten der Fahrzeit ohne Bremsen im Bahnhof gegenübergestellt. Hier ist zu erkennen, dass bei beiden Variablen durchschnittlich die längste Fahrzeit bei der Gruppe „Eingeschränkt“ und kürzeste Fahrzeit bei der Gruppe „Fahren“ vorliegt. Die Differenz des Mittelwertes der Fahrzeiten der Gruppe „CBT“ und „Eingeschränkt“ ist ungefähr gleich der Differenz zwischen der Gruppe „CBT“ und „Fahren“.

**Tabelle 29: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 4**

AV 4: Mittelwert der Fahrzeit	M [s]			SD [s]		
	Eingeschränkt (n = 9)	Fahren (n = 9)	CBT (n = 11)	Eingeschränkt (n = 9)	Fahren (n = 9)	CBT (n = 11)
Gesamtfahrzeit	1138	1073	1104	100	48	53
Fahrzeit ohne Bremsen im Bahnhof	1009	945	974	71	38	45

Um nachzuprüfen, ob in den einzelnen Gruppen etwaige Ausreißer die Ergebnisse beeinflusst haben, wurde in SPSS die Ausgabe des Boxplots verwendet. Die Diagramme der beiden Variablen zur Gesamtfahrzeit und der Fahrzeit ohne Bremsen im Bahnhof sind im Bild 35 gegenüber gestellt.

**Bild 35: Boxplot – AV 4, Gesamtfahrzeit und Fahrzeit ohne Bremsen im Bahnhof**

Bei den beiden Diagrammen im Bild 35 ist vor allem auffällig, dass in der Gruppe „Fahren“ 2 Versuchsteilnehmer im Gegensatz zu den übrigen Teilnehmern dieser Gruppe sehr schnell gefahren sind. Dies könnte das Ergebnis u.a. beeinflusst haben. Eine Neuberechnung ohne diese beiden Ausreißer wird als kritisch angesehen, da es bei der ohnehin nicht sehr großen Stichprobe zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Teilnehmerzahl der jeweiligen Stufe kommt. Ohne Berücksichtigung der Ausreißer würden nur sieben Werte der Gruppe „Fahren“ im Gegensatz zu jeweils neun bzw. elf Werten der anderen beiden Gruppen berücksichtigt werden. Weiterhin ist ersichtlich, dass die Streuung in der ersten Gruppe „Eingeschränkt“ deutlich größer ist als in den anderen beiden Gruppen (insbesondere oberhalb des Medians). Einige Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ haben viel länger zum Befahren der Strecke gebraucht als die übrigen Teilnehmer.

### Inferenzstatistische Überprüfung

Beim Levene-Test zur Überprüfung der Varianzen ergab sich bei beiden Variablen ein p-Wert  $< 0,1$  ( $p_{\text{Gesamtfahrzeit}} = 0,01$  bzw.  $p_{\text{Fahrzeit ohne Bremsen}} = 0,045$ ) und somit die Erkenntnis, dass es einen signifikanten Unterschied in den Varianzen zwischen den Gruppen gibt, was sich bereits aus der Betrachtung des Boxplots vermuten ließ. Die ANOVA-Voraussetzung der Varianzhomogenität wurde daher nicht erfüllt und es wurde auf die nichtparametrische Beurteilung durch den „Kruskal-Wallis H-Test“ zurückgegriffen. Dort zeigte sich für die Gesamtfahrzeit, aber auch für die Fahrzeit ohne Bremsen, kein

signifikanter Effekt ( $p_{\text{Gesamtfahrzeit}} = 0,7$ ;  $p_{\text{Fahrzeit ohne Bremsen}} = 0,17$ ). Daher wurde auch nicht mehr paarweise mittels des U-Tests geprüft.

### Streckenkenntnisrelevante Bereiche

Im Kapitel 5.2.3.3 wurde bereits erläutert, dass es sich bei den einzelnen Bereichen „Tunnel“, „Fahranzeige“, „Steigung“ und „Hp Forstweg“ um die vier genauer zu betrachtenden Bereiche handelte. Es sollte überprüft werden, ob sich die UV signifikant auf die Mittelwerte der Fahrzeiten in diesen jeweiligen Bereichen auswirkte. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Betrachtungen für die beiden Bereiche „Tunnel“ und „Steigung“ dargestellt. Der Bereich „Fahranzeige“ wurde wegen der sehr kurzen Strecke nicht (siehe auch Kapitel 5.2.2.2) berücksichtigt. Fast ausschließlich während des gesamten Abschnitts „Hp Forstweg“ wurde auf den Halt zu gebremst. Dieser Bereich wurde wegen der Erkenntnisse des vorherigen Kapitels zu AV 3 nicht betrachtet, da dort keine Wirkung der UV auf die Bremszeit bestätigt werden konnte.

Bei der Betrachtung der Fahrzeit im Tunnelbereich konnten die Daten von nur 9 der 10 Teilnehmer der Gruppe „Fahren“ verwendet werden, da 1 Teilnehmer im Tunnel wegen zu hoher Geschwindigkeit am 500 Hz-Magneten zwangsgebremst worden ist. Der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“, der generell zu langsam fuhr, konnte – im Gegensatz zur Betrachtung der Fahrzeit auf der gesamten Strecke – bei Betrachtung der Fahrzeit in den beiden Bereichen „Tunnel“ und „Steigung“ berücksichtigt werden, da in diesen Bereichen eine maximale Streckenhöchstgeschwindigkeit von 100 km/h galt. Somit erreichte er die Streckenhöchstgeschwindigkeit und seine Daten waren vergleichbar mit den Daten der übrigen Teilnehmer.

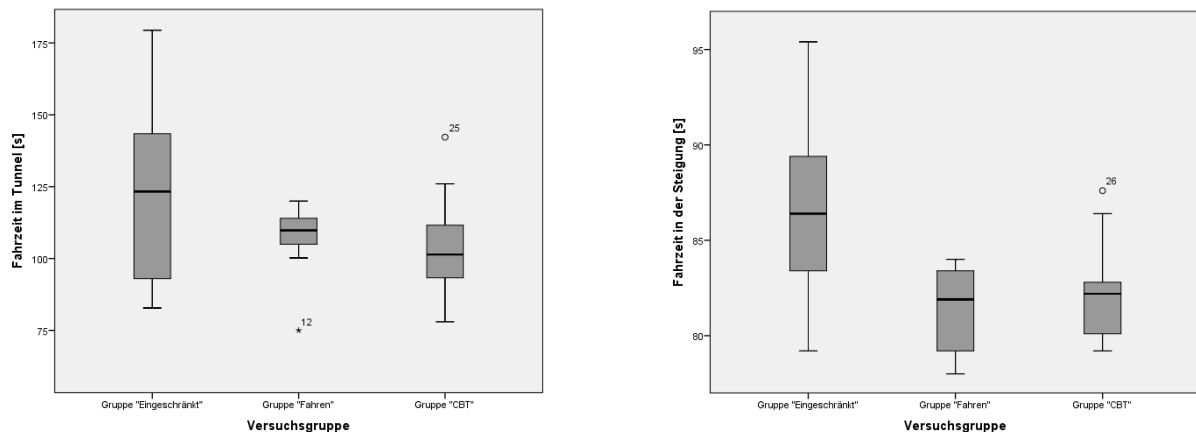
### Deskriptiv statistisches Ergebnis

In beiden Bereichen ergab sich im Vergleich zu den Gruppen „Fahren“ und „CBT“ bei der Gruppe „Eingeschränkt“ der größte Mittelwert. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Versuchsteilnehmer der Gruppe „Fahren“ in etwa genauso lange für das Befahren der Bereiche „Tunnel“ und „Steigung“ benötigten wie die Versuchsteilnehmer der Gruppe „CBT“ (Differenz Mittelwerte = 1 s). Die Mittelwerte und Standardabweichungen können Tabelle 30 entnommen werden.

**Tabelle 30: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 4, einzelne Bereiche**

AV 4: Mittelwert der Fahrzeit	M [s]			SD [s]		
	Eingeschränkt (n = 10)	Fahren ( $n_{\text{Tunnel}} = 9$ $n_{\text{Steigung}} = 10$ )	CBT (n = 11)	Eingeschränkt (n = 10)	Fahren ( $n_{\text{Tunnel}} = 9$ $n_{\text{Steigung}} = 10$ )	CBT (n = 11)
Tunnel	125	106	105	31	13	18
Steigung	87	81	82	5	2	3

Da im Tunnelbereich größere Streuungen bei der Gruppe „Eingeschränkt“ ermittelt wurden, sind im Bild 36 die Daten als Boxplot abgebildet. Der Vollständigkeit halber erfolgt die Darstellung der Werte im Steigungsbereich ebenfalls durch den Boxplot.



**Bild 36: Boxplot – AV4, Fahrzeit „Tunnel“ und „Steigung“**

In Bild 36 wird deutlich, dass im Tunnelbereich in der Gruppe „Eingeschränkt“ die größte Streuung aufgetreten ist. Im Bereich der Steigung ist die Streuung der Gruppe „Eingeschränkt“ nicht viel größer als bei den beiden anderen Gruppen. Aber es ist zu erkennen, dass der Median deutlich – wie auch im Tunnelbereich – oberhalb der Mediane der beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ liegt. Weiterhin kann dem Bild 36 entnommen werden, dass sich ebenfalls die größten Fahrzeiten in der Gruppe „Eingeschränkt“ ergaben.

#### *Inferenzstatistische Überprüfung*

Der Levene-Test ergab im Bereich des Tunnels ein signifikantes Ergebnis ( $p_{\text{Tunnel}} = 0,06$ ), sodass keine Varianzhomogenität vorlag. Dies ließ sich bereits bei Betrachtung der *SD*-Werte in Tabelle 30 vermuten. Dort ist die Streuung der Gruppe „Eingeschränkt“ deutlich größer als die Streuung der beiden anderen Gruppen. Im Bereich der Steigung wurde hingegen ein nicht signifikantes Ergebnis ermittelt ( $p_{\text{Steigung}} = 0,14$ ), sodass Varianzhomogenität bestand.

Die ANOVA-Voraussetzung der Varianzhomogenität im Bereich des Tunnels wurde nicht erfüllt und es wurde auf die nichtparametrische Beurteilung durch den „Kruskal-Wallis H-Test“ zurückgegriffen. Dort zeigte sich für die Tunnelfahrzeit kein signifikanter Effekt ( $p_{\text{Tunnel}} = 0,2$ ). Daher wurde auch nicht mehr paarweise mittels des U-Tests geprüft.

Die einfaktorielle Varianzanalyse zeigte im Steigungsbereich ein hoch signifikantes Ergebnis. Beim paarweisen Vergleich mittels des Post-hoc-Tests (LSD) wurde bei der Betrachtung im Steigungsbe-  
reich ein höchst signifikanter Unterschied zwischen den Stufen „Eingeschränkt“ und „Fahren“ und ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den Stufen „Eingeschränkt“ und „CBT“ festgestellt. Die Stufen „Fahren“ und „CBT“ unterschieden sich in beiden Bereichen nicht signifikant voneinander. Da die Irrtumswahrscheinlichkeit jeweils größer als 0,25 war, kann davon ausgegangen werden, dass ein eventueller Unterschied nicht fehlerhaft übersehen worden ist. Die exakten Ergebnisse sind in Tabelle 31 dargestellt.

**Tabelle 31: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV – AV 4, Steigung**

AV 4: Mittelwert der Fahrzeiten in streckenkenntnis-relevanten Bereichen	Haupteffekt UV			Paarweise Vergleiche UV		
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	Eingeschränkt vs. Fahren	Eingeschränkt vs. CBT	Fahren vs. CBT
Steigung	2, 28	7,93	<b>0,002</b>	<b>*** (0,001)</b>	<b>** (0,003)</b>	<b>ns (0,65)</b>

Anmerkung: \* $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; †  $p < 0,1$ ; ns: nicht signifikant

### Zusatzuntersuchung

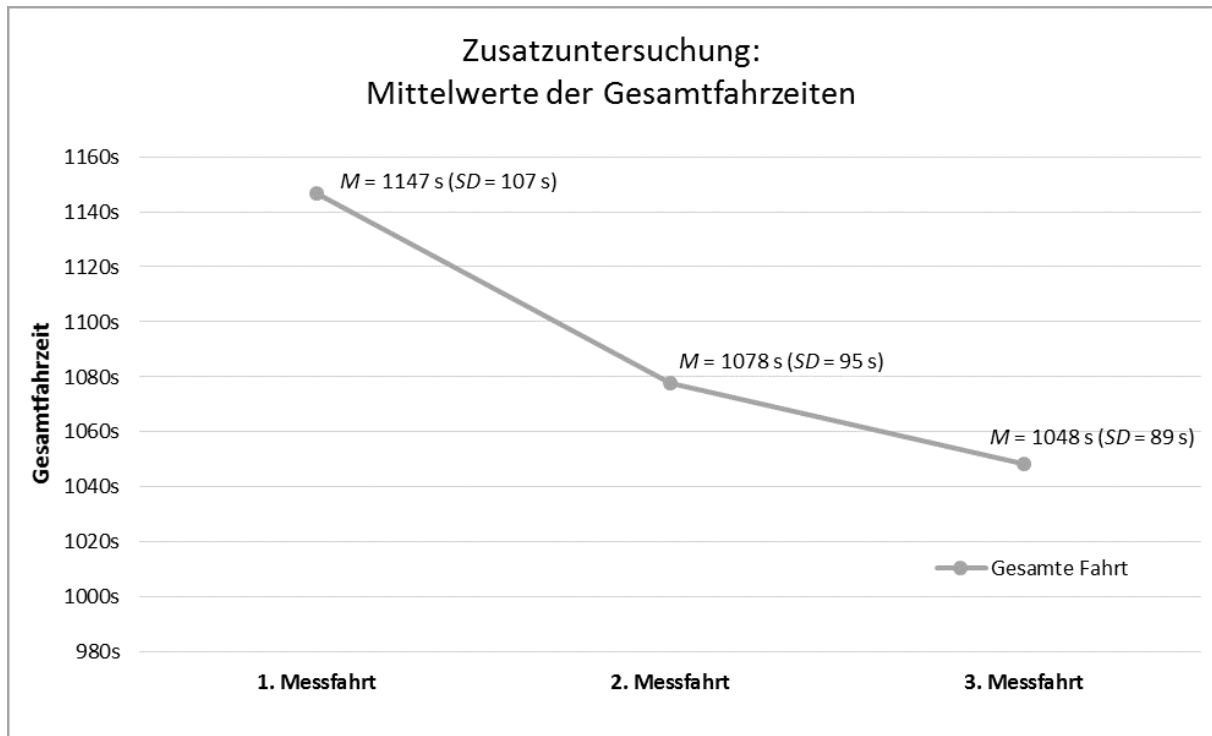
Bei der Zusatzuntersuchung konnten nur die Fahrdaten von 6 der insgesamt 10 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ verwendet werden. Dies lag an folgenden Gründen: Ein Teilnehmer wurde bei der dritten Messfahrt durch die Sifa-Bremse<sup>283</sup> einmal im Tunnel- und einmal im Steigungsbe-  
reich bis auf 0 km/h abgebremst. Ein weiterer Teilnehmer erhielt bei seiner dritten Fahrt eine 2000 Hz-Beeinflussung bei der Zufahrt auf einen Bahnhof und konnte durch die Zwangsbremse den Bremsvorgang nicht mehr selbst vornehmen. Zudem musste er dann bis zum Halt am Bahnsteigende beschleunigen, was die Fahrzeit bis zum Stillstand im Bahnhof zusätzlich verlängerte. Ein weiterer Teilnehmer fuhr bei der ersten Fahrt nicht schneller als die im Regelwerk erlaubte Geschwindigkeit von 100 km/h bei eingeschränkter Streckenkenntnis (die Daten dieses Teilnehmers wurden bei der Hauptuntersuchung nicht berücksichtigt). Die Daten eines vierten Teilnehmers konnten nicht berücksichtigt werden, da er bei seiner zweiten Fahrt im Tunnel durch den 500 Hz-Magneten zwangsge-  
bremst worden ist. All diese Aspekte würden den Vergleich der Fahrten verfälschen, da sie die Fahrt verlängerten.

### Deskriptiv statistisches Ergebnis

Die 6 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ haben bei der ersten Messfahrt im Mittel die größte Fahrzeit und bei der dritten Fahrt die geringste Fahrzeit benötigt ( $M_{1. \text{ Fahrt}} > M_{3. \text{ Fahrt}}$ ). Bei der zweiten Messfahrt wurde zum Befahren der gesamten Strecke weniger Fahrzeit als bei der ersten Fahrt, aber mehr Fahrzeit als bei der dritten Messfahrt gebraucht ( $M_{1. \text{ Fahrt}} < M_{2. \text{ Fahrt}} > M_{3. \text{ Fahrt}}$ ). Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind im Bild 37 dargestellt. Es sei darauf hingewiesen, dass die Darstellung der y-Achse für eine bessere Übersichtlichkeit nicht bei 0, sondern mit 980 s beginnt.

<sup>283</sup> Sifa = Sicherheitsfahrerschaltung



**Bild 37: Deskriptiv statistisches Ergebnis der Zusatzuntersuchung – AV 4**

Des Weiteren wurden die Mittelwerte der Fahrzeiten im Tunnel und in der Steigung berechnet. Diese sind zusammengefasst in der folgenden Tabelle 32 dargestellt. Hierbei ist ersichtlich, dass sich die Mittelwerte von Fahrt zu Fahrt verkleinerten. Das heißt, dass die Teilnehmer im Mittel immer schneller wurden.

**Tabelle 32: Deskriptiv statistisches Ergebnis der Zusatzuntersuchung – AV 4, einzelne Bereiche**

AV 4: Mittelwert der Fahrzeiten in streckenkenntnisrelevanten Bereichen	M [s]			SD [s]		
	Messfahrt 1 ( $n_{\text{Tunnel}} = 8$ $n_{\text{Steigung}} = 9$ )	Messfahrt 2 ( $n_{\text{Tunnel}} = 8$ $n_{\text{Steigung}} = 9$ )	Messfahrt 3 ( $n_{\text{Tunnel}} = 8$ $n_{\text{Steigung}} = 9$ )	Messfahrt 1 ( $n_{\text{Tunnel}} = 8$ $n_{\text{Steigung}} = 9$ )	Messfahrt 2 ( $n_{\text{Tunnel}} = 8$ $n_{\text{Steigung}} = 9$ )	Messfahrt 3 ( $n_{\text{Tunnel}} = 8$ $n_{\text{Steigung}} = 9$ )
Tunnel	120	94	87	32	18	19
Steigung	1025	945	974	83	38	45

### Inferenzstatistische Überprüfung

Es galt zu überprüfen, ob die Unterschiede der Mittelwerte der Fahrzeiten während der gesamten Fahrt, im Tunnel- und im Steigungsbereich signifikant waren. Der Mauchly-Test auf Sphärizität ergab bei der gesamten Fahrt, dem Tunnelbereich und dem Steigungsbereich ein nicht signifikantes Ergebnis mit ( $p_{\text{Gesamte Fahrt}} = 0,56$ ;  $p_{\text{Tunnel}} = 0,09$ ;  $p_{\text{Steigung}} = 0,43$ ). Dies bedeutet, dass die Sphärizitätsannahme nicht verletzt war.

Bei der Auswertung der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab sich bei allen drei Betrachtungen ein signifikantes Ergebnis, bei den Mittelwerten der gesamten Fahrzeit sogar ein höchst signifikantes Ergebnis (siehe Tabelle 33). Das heißt, dass die Unterschiede zwischen den drei

Messungen signifikant waren. Dies war auch nach der Korrektur der Freiheitsgrade der Fall (siehe Greenhouse-Geisser in Tabelle 33).

Beim paarweisen Vergleich unterschieden sich die Mittelwerte der ersten und dritten Fahrt bei der Betrachtung über die gesamte Fahrt, der Fahrt im Tunnelbereich und der Fahrt im Steigungsbereich mindestens signifikant voneinander. Diese Ergebnisse und die Vergleiche sowohl der Messfahrten 1 und 2 als auch 2 und 3 sind in Tabelle 33 zusammengefasst.

**Tabelle 33: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV der Messwiederholung – AV 4**

Messwiederholung: AV 4: Mittelwert der Fahrzeiten	Test der Innersubjekteffekte				Paarweise Vergleiche		
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i> (Sphä- rizität)	<i>p</i> (Greenhouse- Geisser)	Messfahrt 1 vs. Messfahrt 2	Messfahrt 1 vs. Messfahrt 3	Messfahrt 2 vs. Messfahrt 3
Gesamte Fahrt	2, 10	27,26	<b>0,000</b>	0,000	* (0,02)	<b>** (0,004)</b>	† (0,08)
Tunnel	2, 14	10,22	<b>0,002</b>	0,01	† (0,06)	* (0,03)	ns (0,44)
Steigung	2, 16	9,19	<b>0,002</b>	0,004	ns (0,13)	<b>** (0,01)</b>	ns (0,29)

Anmerkung: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; †  $p < 0,1$ ; ns: nicht signifikant

### 5.3.1.5 AV 5: Mittelwert des Energieverbrauchs

#### Hauptuntersuchung

##### Deskriptiv statistisches Ergebnis

Der Mittelwert des Energieverbrauchs der Gruppe „Eingeschränkt“ war kleiner als die Mittelwerte der Gruppen „Fahren“ und „CBT“, wobei der größte Mittelwert der Gruppe „Fahren“ zuzuweisen war ( $M_{\text{Eingeschränkt}} = 221,69 \text{ kWh}$ ,  $SD_{\text{Eingeschränkt}} = 35,76 \text{ kWh}$ ;  $M_{\text{Fahren}} = 227,62 \text{ kWh}$ ,  $SD_{\text{Fahren}} = 26,51 \text{ kWh}$ ;  $M_{\text{CBT}} = 224,71 \text{ kWh}$ ,  $SD_{\text{CBT}} = 31,86 \text{ kWh}$ ). Da die Ergebnisse den Hypothesen widersprachen, war die Überprüfung mittels Inferenzstatistik hier nicht mehr erforderlich.

#### Zusatzuntersuchung

##### Deskriptiv statistisches Ergebnis

Auch bei der Zusatzuntersuchung widersprachen die deskriptiven Ergebnisse der Mittelwerte hinsichtlich des Energieverbrauchs den Hypothesen. Hier erhöhte sich der Energieverbrauch von Mess- zu Messfahrt im Mittel ( $M_{1. \text{ Fahrt}} = 221,69 \text{ kWh}$ ;  $SD_{1. \text{ Fahrt}} = 35,76 \text{ kWh}$  bzw.  $M_{2. \text{ Fahrt}} = 228,61 \text{ kWh}$ ;  $SD_{2. \text{ Fahrt}} = 28,65 \text{ kWh}$  bzw.  $M_{3. \text{ Fahrt}} = 236,29 \text{ kWh}$ ;  $SD_{3. \text{ Fahrt}} = 36,21 \text{ kWh}$ ). Eine inferenzstatistische Überprüfung war nicht notwendig.

#### **5.3.1.6 AV 6: Mittelwert der Anzahl der unnötigen Bremshebelbetätigungen**

Betrachtet wurden die unnötigen Bremshebelbetätigungen. Das heißt in allen Bereichen außer den Bahnhöfen bzw. Haltepunkt sowie dem Tunnelbereich (da dort das Einleiten von Bremsungen notwendig war). Der Steigungsbereich war von besonderem Interesse. Zunächst werden die Ergebnisse der Hauptuntersuchung präsentiert, gefolgt von denen der Zusatzuntersuchung.

##### *Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Bei der Gruppe „Eingeschränkt“ betätigten 4 Tf jeweils einmal unnötiger Weise den Bremshebel (2 Tf in dem Bereich vor dem Hp Finkner-Werke, an dem kein Halt laut Fahrplan vorgesehen war, und 2 Tf im Bereich der Steigung). Bei der Gruppe „Fahren“ bremsten 2 Tf jeweils einmal ab, obwohl dies nicht notwendig war (der eine Tf im Bereich der Steigung und der andere Tf ca. 2 km vor dem Bf Gostenfeld). Bei der Gruppe „Fahren“ bremste 1 Tf an zwei Stellen unnötig ab (beide Male im Bereich der Steigung). Nur 1 Tf der Gruppe „CBT“ bremste im Bereich vor Gostenfeld unnötiger Weise ab.

Die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ bremsten häufiger unnötig ab als die Teilnehmer der Gruppe „CBT“, jedoch vergleichbar häufig wie die Teilnehmer der Gruppe „Fahren“. Dadurch ergaben sich Unterschiede zwischen den Gruppen „Fahren“ und „CBT“. Da diese Ergebnisse den Hypothesen widersprachen, war die Überprüfung mittels Inferenzstatistik hier nicht mehr erforderlich.

##### **Zusatzuntersuchung**

##### *Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Bei der ersten Fahrt bremsten 4 Tf unnötig ab und bei der dritten Fahrt nur noch 2 Tf. Allerdings bremste 1 Teilnehmer der beiden letztgenannten bei der zweiten Fahrt sogar an drei Stellen unnötiger Weise ab. Der andere Tf, der bei der letzten Fahrt ebenfalls abbremste, nahm bei der zweiten Fahrt keine unnötige Bremsung vor. Das heißt, bei diesem Tf stieg die Anzahl der unnötigen Bremsungen wieder an (wie auch beim anderen Tf, der bei seiner zweiten Messfahrt öfter abbremste als bei der ersten). Diese Änderungen widersprechen den Hypothesen. Somit erfolgt auch keine weitere inferenzstatistische Überprüfung.

#### **5.3.1.7 AV 7: Mittelwert des Gefühls der Vorbereitung**

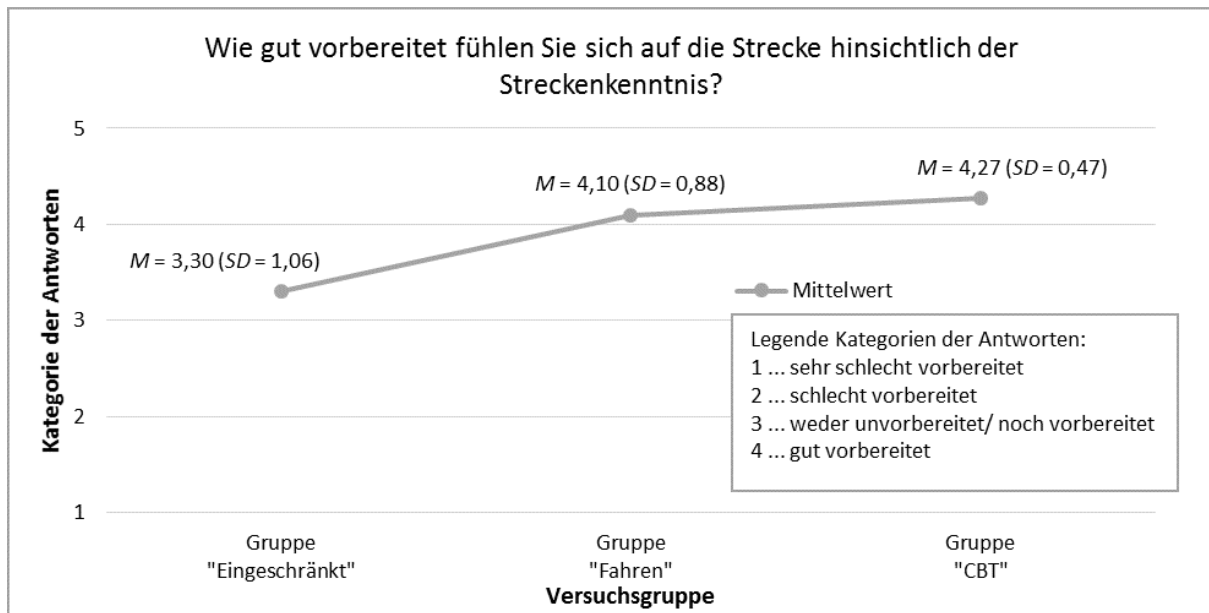
Als AV ging der Mittelwert des Gefühls der Vorbereitung in die Berechnung ein. Die Antwortmöglichkeiten wurden für die statistische Auswertung mit den Ziffern 1 bis 5 hinterlegt, wobei „1“ bedeutet, dass sich der Tf auf die Strecke „sehr schlecht vorbereitet“ gefühlt hat und „5“ dafür steht, dass dieser sich „sehr gut vorbereitet“ gefühlt hat. Die Ziffern „2“ für „schlecht vorbereitet“, „3“ für „weder unvorbereitet/noch vorbereitet“ und „4“ mit der Bedeutung „gut vorbereitet“ stellen Abstufungen zwischen den beiden Ziffern 1 und 5 dar.

##### **Hauptuntersuchung**

Bei der Hauptuntersuchung wurde für den Vergleich der Mittelwert der Antwort auf Frage 7 der Gruppe „Eingeschränkt“ und die Mittelwerte der Antworten auf die Frage 8 der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ herangezogen.

*Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Es ergab sich im Vergleich zu den beiden Gruppen „Fahren“ ( $n_{\text{Fahren}} = 10$ ) und „CBT“ ( $n_{\text{CBT}} = 11$ ) bei der Gruppe „Eingeschränkt“ ( $n_{\text{Eingeschränkt}} = 10$ ), dass sich diese Tf nicht so gut vorbereitet fühlten (kleinerer Mittelwert). Die Teilnehmer der beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ fühlten sich annähernd gleich gut vorbereitet. Die exakten Mittelwerte und Standardabweichungen sind im Bild 38 dargestellt.



**Bild 38: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 7**

*Inferenzstatistische Überprüfung*

Der Levene-Test ergab ein signifikantes Ergebnis ( $p = 0,06$ ), sodass die Voraussetzung der Varianzhomogenität nicht erfüllt war.

Es wurde auf die nichtparametrische Beurteilung durch den „Kruskal-Wallis H-Test“ zurückgegriffen. Dort zeigte sich für das Gefühl der Vorbereitung ein signifikanter Effekt ( $p = 0,048$ ). Daher wurde paarweise mittels des „Mann-Whitney U-Tests“ geprüft, welche Gruppen sich unterschieden.

Der U-Test zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen „Eingeschränkt“ und „CBT“. Beim Vergleich der beiden Gruppen „Eingeschränkt“ und „Fahren“ ergab sich zunächst eine Signifikanz von  $p = 0,105$ . Allerdings wurde hier die Richtung der Differenz vorhergesagt (Mittelwert der Gruppe „Eingeschränkt“ ist kleiner als der Mittelwert der Gruppe „Fahren“), sodass eine einseitige Testung legitim war und der p-Wert halbiert wurde. Damit ergab sich ein marginal signifikanter Unterschied von  $p = 0,053$ . Zwischen den Gruppen „Fahren“ und „CBT“ wurde kein Unterschied festgestellt. Da die Irrtumswahrscheinlichkeit dort größer als 0,25 war, kann davon ausgegangen werden, dass ein eventueller Unterschied nicht fehlerhaft übersehen worden ist. In Tabelle 34 sind die Ergebnisse der Tests zusammengefasst.

**Tabelle 34: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV – AV 7**

AV 7: Mittelwert des Gefühls der Vorbereitung	Haupteffekt UV	Paarweise Vergleiche UV		
	<i>p</i>	Eingeschränkt vs. Fahren	Eingeschränkt vs. CBT	Fahren vs. CBT
	<b>0,048</b>	<b>(0,105) bzw. † (0,053)</b>	<b>** (0,04)</b>	<b>ns (0,86)</b>

Anmerkung: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$ ; \*\*\* $p \leq 0,001$ ; † $p < 0,1$ ; ns: nicht signifikant

### Zusatzuntersuchung

Bei der Zusatzuntersuchung wurde der Mittelwert der Antworten der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ auf Frage 7 mit dem Mittelwert der Antworten der beiden Gruppen auf die Frage 8 verglichen. Das heißt, dass der Mittelwert aus jeweils den Antworten von 21 Teilnehmern berechnet worden ist.

#### Deskriptiv statistisches Ergebnis

Der Mittelwert der Antworten der Teilnehmer der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ belief sich beim erstmaligen Stellen der Frage „Wie gut vorbereitet fühlen Sie sich auf die Teststrecke hinsichtlich der Streckenkenntnis durch die betrieblichen Unterlagen?“ auf  $M_{\text{Frage 7}} = 3,1$  ( $SD_{\text{Frage 7}} = 0,94$ ). Der Mittelwert der Antworten beider Gruppen nach nochmaligen Stellen der Frage nach dem Streckenkenntniserwerb erhöhte sich auf einen Wert von  $M_{\text{Frage 8}} = 4,19$  ( $SD_{\text{Frage 8}} = 0,68$ ). Somit konnte deskriptiv eine Verbesserung durch die Vorbereitung ermittelt werden. Nach der Streckenkenntniserlangung durch Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren oder CBT fühlten sich die Teilnehmer besser auf das Fahren der Strecke vorbereitet als nur durch eingeschränkte Streckenkenntnis.

#### Inferenzstatistische Überprüfung

Mittels des t-Tests für abhängige Stichproben galt es zu testen, ob der statistische Unterschied signifikant und somit bedeutsam war. Bei einem  $t$ -Wert von -5,32 und einem Freiheitsgrad  $df$  von 20 ergab sich ein höchst signifikantes Ergebnis von  $p = 0,000$ . Daher ist die Differenz beider Mittelwerte signifikant.

### 5.3.1.8 AV 8: Mittelwert des Gefühls der Sicherheit im Umgang mit der Strecke

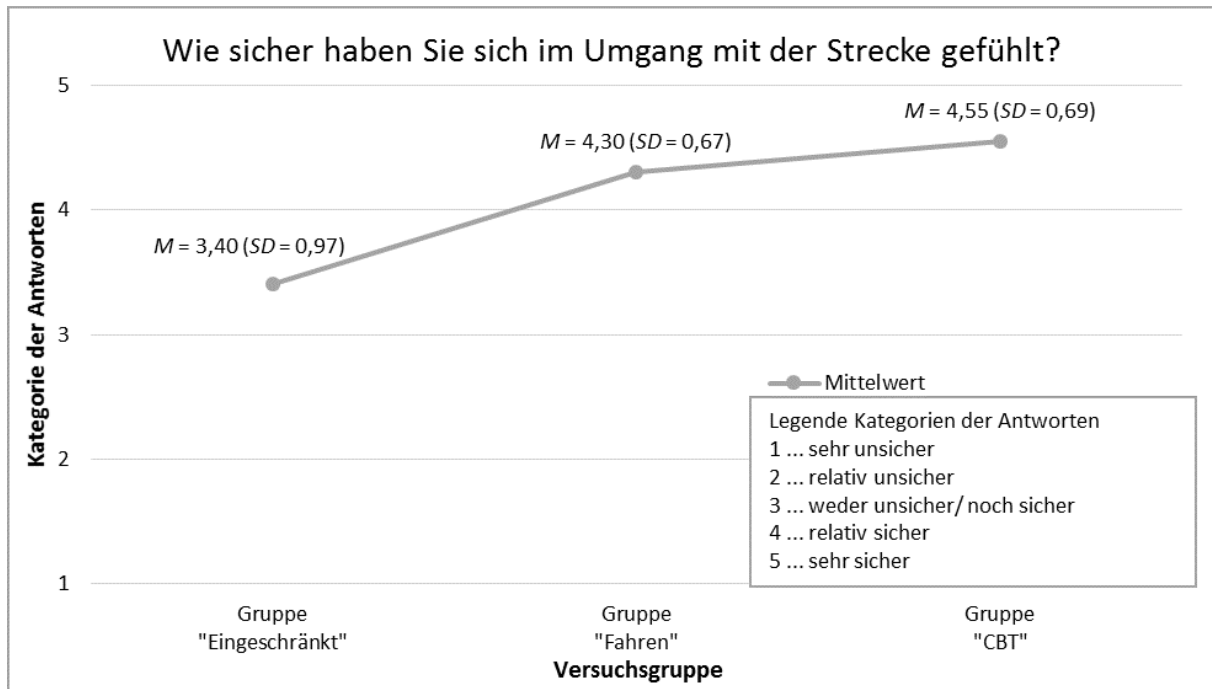
Als AV wurde das Gefühl der Sicherheit im Umgang mit der Strecke betrachtet. Wie bei der AV 7 wurden auch hier die Antwortmöglichkeiten wegen der statistischen Auswertung mit den Ziffern 1 bis 5 hinterlegt, wobei „1“ bedeutet, dass sich der Tf beim Befahren der Strecke „sehr unsicher“ gefühlt hat und „5“ dafür steht, dass dieser sich „sehr sicher“ gefühlt hat. Die Ziffern „2“ für „relativ unsicher“, „3“ für „mal unsicher/mal sicher“ und „4“ mit der Bedeutung „relativ sicher“ stellen Abstufungsmöglichkeiten zwischen den beiden Ziffern 1 und 5 dar.

### Hauptuntersuchung

Bei der Hauptuntersuchung wurden die Antworten zur Frage 13 des Interviewbogens nach der ersten Messfahrt miteinander verglichen. Durch Frage 14 sollte die Ursachen für die Bewertungen durch die Versuchsteilnehmer festgestellt werden. Die Erläuterungen dazu werden nach der inferenzstatistischen Überprüfung aufgeführt.

*Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Im Vergleich zu den beiden Gruppen „Fahren“ ( $n_{\text{Fahren}} = 10$ ) und „CBT“ ( $n_{\text{CBT}} = 11$ ) fühlten sich die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ ( $n_{\text{Eingeschränkt}} = 10$ ) im Mittel nicht so sicher im Umgang mit der Strecke (kleinerer Mittelwert). Die Teilnehmer der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ fühlten sich beide recht sicher. Die jeweiligen Mittelwerte und Standardabweichungen sind mit Bild 39 veranschaulicht.



**Bild 39: Deskriptiv statistisches Ergebnis – AV 8**

*Inferenzstatistische Überprüfung*

Der Levene-Test ergab ein nicht signifikantes Ergebnis ( $p = 0,3$ ), sodass die Voraussetzung der Varianzhomogenität erfüllt war.

Bei der Anwendung der einfaktoriellen Varianzanalyse ergab sich bei den Mittelwerten ein hoch signifikantes Ergebnis. Auch beim paarweisen Vergleich mittels des Post-hoc-Tests (LSD) wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Stufen „Eingeschränkt“ und „Fahren“ und ein höchst signifikanter Unterschied zwischen den Stufen „Eingeschränkt“ und „CBT“ aufgezeigt. Die Gruppen „Fahren“ und „CBT“ unterschieden sich dahingegen nicht. Da die Irrtumswahrscheinlichkeit jeweils größer als 0,25 war, kann davon ausgegangen werden, dass ein eventueller Unterschied nicht fehlerhaft übersehen worden ist. In Tabelle 35 sind die Ergebnisse der Tests zusammengefasst.

**Tabelle 35: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der UV – AV 8**

AV 8: Mittelwert des Sicherheitsgefühls mit dem Umgang der Strecke	Haupteffekt UV			Paarweise Vergleiche UV		
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	Eingeschränkt vs. Fahren	Eingeschränkt vs. CBT	Fahren vs. CBT
	2, 28	6,08	<b>0,01</b>	<b>* (0,02)</b>	<b>*** (0,00)</b>	<b>ns (0,48)</b>

Anmerkung: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$ ; \*\*\* $p \leq 0,001$ ; † $p < 0,1$ ; ns: nicht signifikant

### *Gründe für die Bewertung*

Aus welchen Gründen sich die einzelnen Tf für die Bewertung des Gefühls der Sicherheit entschieden, wurde mithilfe der Frage 14 geklärt. Bei der Gruppe „Eingeschränkt“ benannten 7 von 10 Tf „Streckenkenntnis“ als Grund für ihre Bewertung. Die anderen 3 Teilnehmer dieser Gruppe gaben im Interview an, dass sie sich relativ oder sehr sicher im Umgang mit der Strecke fühlten. Sie nannten als Begründung für ihre Bewertungen u.a., dass die „Signalisierungen und Bahnsteige gut zu sehen waren“, „gute Sichtverhältnisse“ herrschten oder auch, dass „die Informationen dem Fahrplan entnommen werden können“. Bei der Gruppe „Fahren“ nahmen 4 Tf ihre Bewertung nicht aufgrund der Streckenkenntnis vor. Diese Tf bewerteten ihr Sicherheitsgefühl ebenfalls als relativ bzw. sehr gut. Auch sie nannten ähnliche Gründe, wie z.B. dass es sich um eine einfache und kurze Strecke handelte. Ein Tf fühlte sich unsicher im Umgang mit dem Simulator (die Bewertung wurde dadurch aber nicht wesentlich beeinträchtigt). Bei der Gruppe „CBT“ spielte für 8 Tf die Streckenkenntnis eine Rolle bei der Bewertung, aber auch andere Gründe wurden zusätzlich genannt. Zwei Teilnehmer führten nicht Streckenkenntnis, sondern andere positive Gründe auf, wie z.B. „bekannter Führerstandtyp“ oder „entspannte Testsituation“.

### **Zusatzuntersuchung**

Bei der Zusatzuntersuchung wurde der Mittelwert der Antworten auf die Frage 13 der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ mit dem Mittelwert der Antworten auf die Frage 9 der Teilnehmer dieser Gruppe verglichen. Das heißt, dass der Mittelwert aus jeweils den Antworten der 10 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ berechnet worden ist. Mithilfe der Fragen 10 und 14 konnte beleuchtet werden, aus welchen Gründen die Versuchsteilnehmer sich für ihre Bewertungen entschieden. Die Antworten werden nach der inferenzstatistischen Überprüfung erläutert.

### *Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Der Mittelwert der Antworten der Teilnehmer belief sich beim erstmaligen Stellen der Frage „Wie sicher haben Sie sich im Umgang mit der Strecke gefühlt?“ auf einen Wert von  $M_{\text{Fahrt 1}} = 3,4$  ( $SD_{\text{Fahrt 1}} = 0,97$ ). Der Mittelwert der Antworten der Teilnehmer nach nochmaligem Stellen der Frage erhöhte sich auf einen Wert von  $M_{\text{Fahrt 3}} = 4,8$  ( $SD_{\text{Fahrt 3}} = 0,42$ ). Somit konnte deskriptiv eine Verbesserung von der ersten zur dritten Fahrt festgestellt werden. Nach mehrmaligen Befahren der Strecke fühlten sich die Teilnehmer sicherer beim Befahren der Strecke als bei der ersten Fahrt.

### *Inferenzstatistische Überprüfung*

Mittels des t-Tests für abhängige Stichproben galt es – wie schon bei der Zusatzuntersuchung der AV 7 – zu testen, ob der statistische Unterschied signifikant und somit bedeutsam war. Bei einem  $t$ -Wert von -5,25 und einem Freiheitsgrad  $df$  von 9 ergab sich eine Wahrscheinlichkeit von  $p = 0,001$ . Somit war die Differenz beider Mittelwerte höchst signifikant.

### *Gründe für die Bewertung*

Gaben nach der ersten Messfahrt noch 7 Tf „Streckenkenntnis“ als Grund für ihre Bewertung an, waren es nach der dritten Messfahrt bereits 8 Tf (dies wurde mithilfe der Fragen 10 und 14 untersucht). Bei den 2 Tf, die ihre Bewertung nicht mit „Streckenkenntnis“ begründeten, handelte es sich um diejenigen, die auch bei der ersten Messfahrt „Streckenkenntnis“ nicht als Grund benannten (da

sie keine Probleme beim Befahren der Strecke hatten, siehe Hauptuntersuchung). Der dritte Tf bewertete nach der dritten Messfahrt das Sicherheitsgefühl noch besser und benannte dabei auch „Streckenkenntnis“ als ursächlich. Alle anderen Tf bewerteten ihr Sicherheitsgefühl bei der dritten Fahrt mit mindestens „relativ sicher“ und gaben als Grund u.a. „Streckenkenntnis“ an.

#### **5.3.1.9 AV 9: Mittelwert des Gefühls der Anstrengung**

Die Versuchsteilnehmer wurden gebeten, zu beurteilen, wie anstrengend sie das Fahren auf der Strecke empfanden. Wie bei den AV 7 und 8 wurden die Antwortmöglichkeiten für die statistische Auswertung mit den Ziffern 1 bis 5 hinterlegt, wobei „1“ bedeutet, dass der Versuchsteilnehmer das Fahren „sehr anstrengend“ fand. Wählte er die Antwortmöglichkeit „gar nicht anstrengend“, wurde dies mit der Ziffer 5 hinterlegt. Die Ziffern „2“ für „etwas anstrengend“, „3“ für „mal anstrengend/mal nicht anstrengend“ und „4“ mit der Bedeutung „fast nicht anstrengend“ stellten Abstufungsmöglichkeiten zwischen den beiden Ziffern 1 und 5 dar.

#### **Hauptuntersuchung**

Mit der Frage 15 des Interviews wurden die Versuchsteilnehmer aller drei Gruppen nach der ersten Messfahrt gebeten zu beurteilen wie anstrengend sie das Fahren auf der Strecke empfanden. Durch das Stellen der Frage 16 sollte ermittelt werden, warum sich die Versuchsteilnehmer für ihre Bewertungen entschieden. Die Ergebnisse dazu werden im Anschluss an die inferenzstatistische Überprüfung dargestellt.

#### *Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Bei der Gruppe „Eingeschränkt“ ( $n_{\text{Eingeschränkt}} = 10$ ) wurde der kleinste Mittelwert mit  $M_{\text{Eingeschränkt}} = 3,1$  und  $SD_{\text{Eingeschränkt}} = 1,52$  erreicht. Das heißt, dass die Teilnehmer dieser Gruppe das Befahren der Strecke am anstrengendsten empfanden. Außerdem streuten die Mittelwerte dieser Gruppe stärker als die der anderen beiden Gruppen und in dieser Gruppe war auch der kleinste Mittelwert enthalten (d.h. mindestens 1 Teilnehmer fand das erstmalige Befahren als am anstrengendsten). Die beiden Mittelwerte der Gruppen „Fahren“ ( $n_{\text{Fahren}} = 10$ ) und „CBT“ ( $n_{\text{CBT}} = 11$ ) waren höher als der Wert der Gruppe „Eingeschränkt“ und unterschieden sich voneinander ( $M_{\text{Fahren}} = 4,1$ ;  $SD_{\text{Fahren}} = 0,99$  bzw.  $M_{\text{CBT}} = 3,55$ ;  $SD_{\text{CBT}} = 1,13$ ).

#### *Inferenzstatistische Überprüfung*

Mittels des Levene-Test wurde festgestellt, dass die Voraussetzung der Varianzhomogenität nicht erfüllt war ( $p = 0,09$ ). Daher wurde auf die nichtparametrische Beurteilung durch den „Kruskal-Wallis H-Test“ zurückgegriffen. Dort zeigte sich für das Gefühl der Anstrengung kein signifikanter Effekt ( $p = 0,26$ ). Deswegen wurde auch nicht mehr paarweise mittels des U-Tests geprüft.

#### *Gründe für die Bewertung*

Aus welchen Gründen sich die einzelnen Tf für die Bewertung des Gefühls Anstrengung entschieden, konnte mithilfe der Frage 16 erörtert werden. Bei der Gruppe „Eingeschränkt“ benannten wiederum nur 3 Tf nicht „Streckenkenntnis“ als Grund für ihre Bewertung. Bei genau diesen Teilnehmern handelte es sich um diejenigen, die das Fahren gar nicht anstrengend fanden. Außerdem nannten bereits 2 dieser 3 Tf schon bei der Bewertung des Sicherheitsgefühls (siehe AV 8) „Streckenkenntnis“ nicht



als Begründung. Für sie erfolgte die positive Wertung aus den bereits oben benannten Gründen (wie z.B. „gute Sichtverhältnisse“). Die eine Hälfte aller Teilnehmer der Gruppe „Fahren“ begründete ihre Bewertung mit „Streckenkenntnis“, führten jedoch auch weitere Gründe auf. Die andere Hälfte benannte andere Gründe als „Streckenkenntnis“, wie z.B. „einfache Strecke“, „Bedienung des Führerstandtyps“ oder „Umgang mit dem Simulator“. Bei der Gruppe „CBT“ äußerten nur noch 4 Tf „Streckenkenntnis“ als eine von mehreren Ursachen für ihre Bewertung.

### **Zusatzuntersuchung**

Bei der Zusatzuntersuchung wurde der Mittelwert der Antworten der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ auf die Frage 15 nach der ersten Messfahrt mit dem Mittelwert der Antworten der Teilnehmer dieser Gruppe auf die Frage 11 nach der dritten Messfahrt verglichen. Das heißt, dass die Mittelwerte aus jeweils den Antworten der 10 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ betrachtet wurden. Mithilfe der Fragen 12 und 16 sollte untersucht werden, warum sich die Versuchsteilnehmer für ihre Bewertungen entschieden. Die Ergebnisse dazu werden nach der inferenzstatistischen Überprüfung dargestellt.

#### *Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Der Mittelwert der Antworten belief sich beim erstmaligen Stellen der Frage „Wie anstrengend haben Sie das Fahren auf der Strecke gefunden?“ auf einen Wert von  $M_{\text{Fahrt 1}} = 3,1$  ( $SD_{\text{Fahrt 1}} = 1,52$ ). Der Mittelwert der Antworten nach nochmaligem Stellen der Frage erhöhte sich auf einen Wert von  $M_{\text{Fahrt 3}} = 4$  ( $SD_{\text{Fahrt 3}} = 1,05$ ). Somit konnte deskriptiv eine Verbesserung von der ersten zur dritten Fahrt aufgezeigt werden. Das heißt nach der Streckenkenntniserlangung nach mehrmaligem Befahren der Strecke empfanden die Teilnehmer das Fahren nicht mehr so anstrengend wie bei der ersten Fahrt.

#### *Inferenzstatistische Überprüfung*

Mittels des t-Tests für abhängige Stichproben wurde – wie schon bei der Zusatzuntersuchung der AV 7 und AV 8 – getestet, ob der statistische Unterschied signifikant und somit bedeutsam war. Bei einem  $t$ -Wert von -3,25 und einem Freiheitsgrad  $df$  von 9 ergab sich ein hoch signifikantes Ergebnis von  $p = 0,01$ . Somit war die Differenz beider Mittelwerte signifikant und die Ergebnisse dürfen interpretiert werden.

#### *Gründe für die Bewertung*

Auch nach der dritten Messfahrt gaben 3 Tf nicht „Streckenkenntnis“ als Ursache für ihre Bewertung an (dies wurde mithilfe von Frage 12 untersucht). Davon gaben 2 Tf bereits nach der ersten Messfahrt „Streckenkenntnis“ nicht als Grund an, da sie keine Probleme beim Befahren der Strecke hatten (siehe Hauptuntersuchung). Der dritte Tf bewertete nach der dritten Messfahrt das Gefühl der Anstrengung als wesentlich besser (d.h. fast nicht anstrengend), da für ihn das Fahrverhalten des Zuges immer gewohnter wurde. Es konnte aber auch festgestellt werden, dass viele Tf auch den Aspekt „Fahrverhalten des Zuges“ als Ursache ihrer Bewertung sahen.

### 5.3.1.10 Auswirkungen der Merkmalseigenschaften der Versuchsteilnehmer auf die AV

Zwar wurden die Merkmalseigenschaften der Versuchsteilnehmer auf die drei Gruppen bzw. Stufen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“ annähernd gleichverteilt (siehe dazu 5.2.2.5). Da jedoch bei einigen AV aufgrund der nicht signifikanten Ergebnisse kein Effekt der UV bestätigt werden konnte, wurde hier zusätzlich untersucht, ob diejenigen AV von den Störvariablen „Verkehrsart“ oder „Berufserfahrung“ abhängig waren.

In diesem Abschnitt sind nur die signifikanten Ergebnisse dargestellt. Alle hier nicht aufgeführten untersuchten AV wurden nicht signifikant durch die „Verkehrsart“ oder „Berufserfahrung“ beeinflusst.

#### Auswirkung der Berufserfahrung auf den Energieverbrauch (AV 5)

An der Studie waren insgesamt 6 Versuchsteilnehmer mit „wenig Erfahrung“ und 7 Teilnehmer mit „mittlerer Erfahrung“ beteiligt. Die meisten Versuchsteilnehmer verfügten über „viel Erfahrung“ ( $n_{\text{viel Erfahrung}} = 18$ ).

##### Deskriptiv statistisches Ergebnis

Der Mittelwert des Energieverbrauchs der Teilnehmer mit „viel Erfahrung“ war kleiner als die Mittelwerte der Versuchsteilnehmer mit „wenig Erfahrung“ und „mittlerer Erfahrung“, wobei der größte Mittelwert den Teilnehmern mit „wenig Erfahrung“ zuzuweisen war ( $M_{\text{wenig Erfahrung}} = 252,88 \text{ kWh}$ ;  $SD_{\text{wenig Erfahrung}} = 17,17 \text{ kWh}$  bzw.  $M_{\text{mittlere Erfahrung}} = 227,95 \text{ kWh}$ ;  $SD_{\text{mittlere Erfahrung}} = 39,35 \text{ kWh}$  bzw.  $M_{\text{viel Erfahrung}} = 214,06 \text{ kWh}$ ;  $SD_{\text{viel Erfahrung}} = 24,87 \text{ kWh}$ ).

Im Bild 40 werden die zentralen Tendenzen in Form eines Boxplots dargestellt. Hierbei ist u.a. zu sehen, dass 3 der 11 Versuchsteilnehmer mit viel Berufserfahrung Ausreißer nach unten darstellen, d.h. sie haben deutlich weniger Energie verbraucht. Ebenfalls streut der Energieverbrauch der Teilnehmer der Gruppe „mittlere Erfahrung“ stärker nach unten.

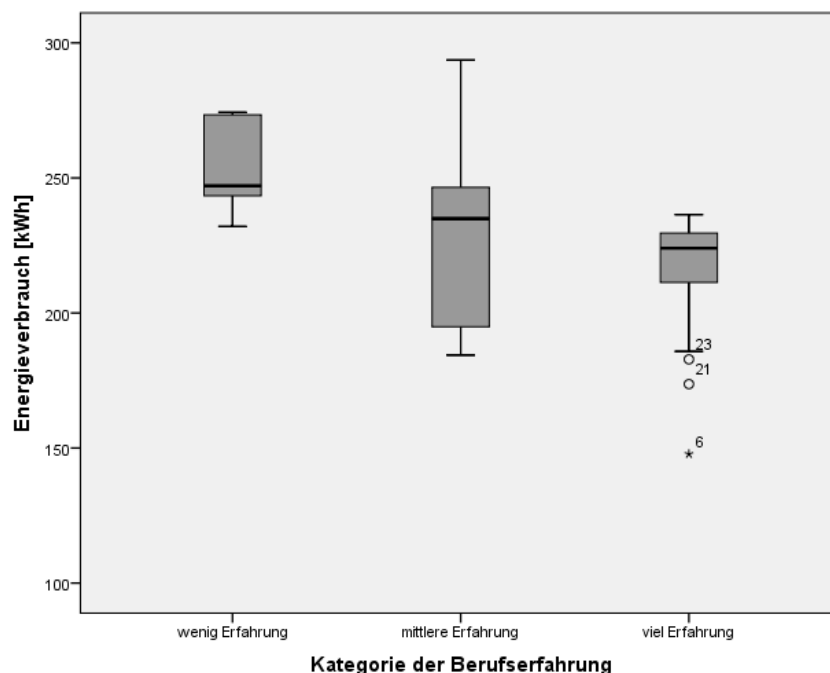


Bild 40: Deskriptiv statistisches Ergebnis – Auswirkung Berufserfahrung auf AV 5

*Inferenzstatistische Überprüfung*

Der Levene-Test berichtete ein nicht signifikantes Ergebnis ( $p = 0,12$ ), sodass die Voraussetzung der Varianzhomogenität erfüllt war. Allerdings wurde gerade durch die Ausreißer in der Gruppe „viel Erfahrung“ vermutet, dass hier keine Normalverteilung vorlag. Im Kapitel 3.6.3 wurde aufgeführt, dass trotz Abweichungen von der Normalverteilungsannahme oder der Varianzhomogenität meistens zuverlässige Ergebnisse geliefert werden können. Bei sehr kleinem Stichprobenumfang ( $n < 10$ ) oder unterschiedlich stark verteilter Stichprobengröße auf die untersuchten Gruppen sollte ein nicht parametrischer Test verwendet werden. Gerade der letzte Aspekt (unterschiedlich große Gruppen) spricht in diesem Fall für die Anwendung eines verteilungsfreien Verfahrens.

Bei der Anwendung des H-Tests ergab sich bei den Mittelwerten ein hoch signifikantes Ergebnis. Das bedeutet, dass vermutlich ein Effekt durch die Berufserfahrung vorlag. Beim paarweisen Vergleich mittels des U-Tests wurde ein höchst signifikanter Unterschied zwischen den Teilnehmern mit „wenig Erfahrung“ und „viel Erfahrung“ festgestellt. Die übrigen paarweisen Vergleiche zeigten keinen signifikanten Unterschied. In Tabelle 36 sind die Ergebnisse des Tests zusammengefasst.

**Tabelle 36: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der Berufserfahrung – AV 5**

Auswirkung der Berufserfahrung auf AV 5	Haupteffekt „Berufserfahrung“	Paarweise Vergleiche UV		
	<i>P</i>	Wenig Erfahrung vs. mittlere Erfahrung	Wenig Erfahrung vs. viel Erfahrung	Mittlere Erfahrung vs. viel Erfahrung
	<b>0,005</b>	ns (0,23)	<b>*** (0,000)</b>	ns (0,3)

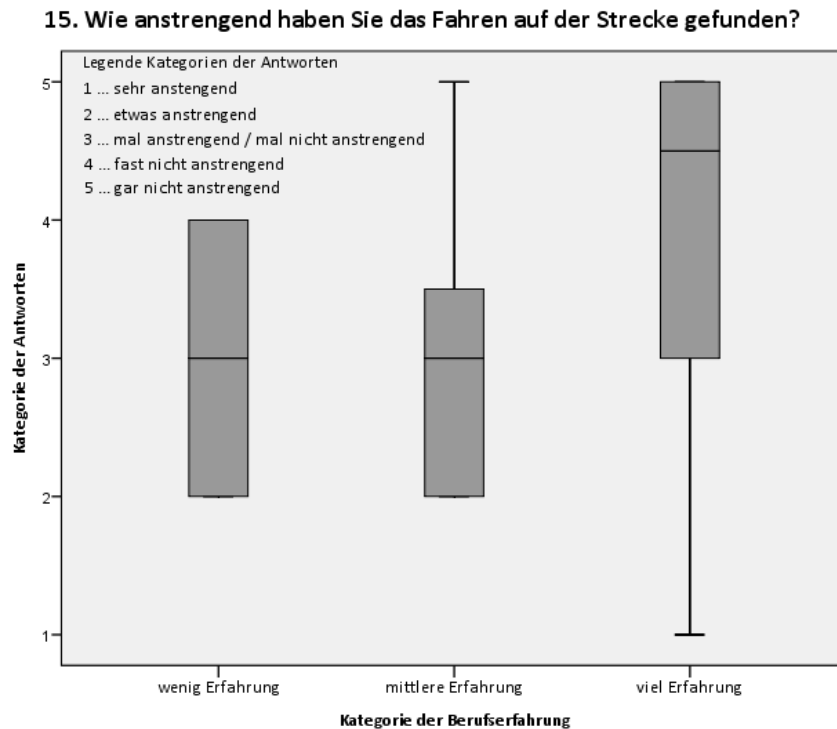
Anmerkung: \* $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ ; †  $p < 0,1$ ; ns: nicht signifikant

**Auswirkung der Berufserfahrung auf die Bewertung der Anstrengung (AV 9)**

Wie oben bereits aufgeführt, beliefen sich die Teilnehmerzahlen – eingeteilt nach Berufserfahrung der Tf – auf folgende Werten:  $n_{\text{wenig Erfahrung}} = 6$ ;  $n_{\text{mittlere Erfahrung}} = 7$ ;  $n_{\text{viel Erfahrung}} = 18$ .

*Deskriptiv statistisches Ergebnis*

Der Mittelwert der Bewertung der Anstrengung der Teilnehmer mit „viel Erfahrung“ war größer als die Mittelwerte der Versuchsteilnehmer mit „wenig Erfahrung“ und „mittlerer Erfahrung“. Ein großer Mittelwert bedeutete, dass ein Tf die Fahrt „gar nicht anstrengend“ fand ( $M = 5$ ). Wenn der Mittelwert gleich 1 war, empfand ein Tf die Fahrt als „sehr anstrengend“. Zwischen den Teilnehmern mit wenig und mittlerer Erfahrung wurde kein Unterschied hinsichtlich des Mittelwertes der Beurteilung der Anstrengung festgestellt ( $M_{\text{wenig Erfahrung}} = 3$ ;  $SD_{\text{wenig Erfahrung}} = 0,9$  bzw.  $M_{\text{mittlere Erfahrung}} = 3$ ;  $SD_{\text{mittlere Erfahrung}} = 1,2$  bzw.  $M_{\text{viel Erfahrung}} = 4$ ;  $SD_{\text{viel Erfahrung}} = 1,3$ ). Dem Bild 41 ist zu entnehmen, dass der Median der Teilnehmer der Gruppe „viel Erfahrung“ deutlich oberhalb der Mediane der anderen beiden Gruppen liegt. Zwar streuen die Werte nach unten, dennoch fanden die Teilnehmer der Gruppe mit „viel Erfahrung“ das Fahren nicht anstrengend.



**Bild 41: Deskriptiv statistisches Ergebnis – Auswirkung Berufserfahrung auf AV 9**

#### Inferenzstatistische Überprüfung

Der Levene-Test ergab zwar ein nicht signifikantes Ergebnis ( $p = 0,61$ ), sodass die Voraussetzung der Varianzhomogenität erfüllt war. Jedoch wurde auch hier wegen der unterschiedlichen Stichprobengrößen der einzelnen Gruppen auf ein verteilungsfreies Verfahren zurückgegriffen.

Bei der Anwendung des H-Tests ergab sich bei den Mittelwerten ein marginal signifikantes Ergebnis. Ein gewisser Trend konnte demnach festgestellt werden. Beim paarweisen Vergleich mittels U-Tests wurde jeweils ein marginal signifikanter Unterschied zwischen den Teilnehmern mit „wenig Erfahrung“ und „viel Erfahrung“ bzw. „mittlere Erfahrung“ und „viel Erfahrung“ festgestellt. In Tabelle 37 sind die Ergebnisse des Tests zusammengefasst.

**Tabelle 37: Darstellung des Effekts der einfaktoriellen ANOVA und der paarweisen Vergleiche der Berufserfahrung – AV 9**

Auswirkung der Berufserfahrung auf AV 9	Haupteffekt „Berufserfahrung“	Paarweise Vergleiche UV		
	$p$	Wenig Erfahrung vs. mittlere Erfahrung	Wenig Erfahrung vs. viel Erfahrung	Mittlere Erfahrung vs. viel Erfahrung
	<b>0,07</b>	ns (0,95)	<b>† (0,07)</b>	<b>† (0,09)</b>

Anmerkung: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$ ; \*\*\* $p \leq 0,001$ ; † $p < 0,1$ ; ns: nicht signifikant

### 5.3.1.11 Weitere interessante Beobachtungen am Richtungsvoranzeiger

Der Richtungsanzeiger beim Abzweig Wildberg zählte zwar nicht zu den in der Simulatorstudie betrachteten streckenkenntnisrelevanten Aspekten, jedoch wurden folgende Beobachtungen gemacht. Es schien so, dass 2 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ bei der ersten Messfahrt den Richtungsvoranzeiger mit dem Kennbuchstaben „P“ als solchen gar nicht erkannten. Denn sie bedienten die Pfeife. Vermutlich kam es zu Verwechslungen des Richtungsvoranzeigers mit der Pfeiftafel, die durch den Buchstaben „P“ dargestellt wird. Ein weiterer Versuchsteilnehmer dieser Gruppe schaute während des Vorbeifahrens am Richtungsvoranzeiger in den ÖRil nach und gab im Nachhinein an, dass er zugunsten der Sicherheit nur mit 100 km/h fuhr. Ein anderer Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ fiel durch sein unruhiges Blickverhalten im Abschnitt vor dem Richtungsvoranzeiger auf: Er schien am Führerstand etwas Bestimmtes zu suchen. Bei den anderen Teilnehmern hingegen wurden keine Auffälligkeiten bemerkt. Das bedeutet zusammengefasst, dass bei 4 der 10 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ Auffälligkeiten in Bezug auf den Richtungsvoranzeiger bemerkt worden sind. Dahingegen wurden bei den Teilnehmern der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ keine Auffälligkeiten festgestellt.

Diese Beobachtungen wurden mit dem  $\chi^2$ -Test auf überprüft. Da 50 % der Zellen eine erwartete Häufigkeit  $< 5$  hatten, wurde der exakte Test verwendet. Es wurden signifikante Unterschiede festgestellt ( $\chi^2_{(2, N = 31)} = 7,15$ ;  $p = 0,01$ ). Es scheint somit einen Zusammenhang zwischen den Auffälligkeiten am Richtungsvoranzeiger und der UV zu geben.

## 5.3.2 Ergebnisse der Nebenuntersuchung

Das Experiment sollte zwar vor allem – durch die Hypothesenbetrachtung – die drei Möglichkeiten zum Erwerb der Streckenkenntnis bewerten. Durch das Interview konnte mithilfe der Fragen 18 bis 20 die Gelegenheit genutzt werden, Gestaltungsempfehlungen für ein computerbearbeitetes Video zu sammeln, die allgemeine Akzeptanz eines CBT zu erfragen sowie Vor- und Nachteile eines CBT zu erfassen. Mithilfe der Frage 17 des Interviewbogens sollten zudem die Tf beurteilen, welche Situationen aus ihrer Sicht auf der konkreten Versuchsstrecke für sie streckenkenntnisrelevant waren. Die Antworten der Teilnehmer auf diese Fragen werden in diesem Kapitel dargestellt.

### 5.3.2.1 Beurteilung streckenkenntnisrelevanter Aspekte der Versuchsstrecke

Mithilfe der Frage 17 wurden zunächst alle Teilnehmer nach Abschließen der Messfahrten dahingehend befragt, welche Aspekte sie auf der Versuchsstrecke als streckenkenntnisrelevant empfanden. Es werden im Folgenden nur die am meisten benannten Antworten dargestellt (siehe Spalte „Gesamt“ der Tabelle 38). Für alle übrigen Antworten sei auf Anhang 14 verwiesen.

Der Tabelle 38 ist vor allem zu entnehmen, dass über 50 % der Befragten den Bereich „Tunnel“ ( $n = 17$ ) und den Bereich „Steigung“ ( $n = 18$ ) für streckenkenntnisrelevant hielten. Ungefähr ein Drittel der Versuchsteilnehmer ( $n = 10$ ) fanden den Richtungsanzeiger beim Abzweig Wildberg als streckenkenntnisrelevant.

Es wurde zudem überprüft, ob die mehrfach benannten streckenkenntnisrelevanten Aspekte speziell von Teilnehmern einer bestimmten Gruppe benannt worden sind. Dass dies nicht der Fall war, kann ebenfalls Tabelle 38 entnommen werden.

**Tabelle 38: Verteilung der Antworten auf die Frage 17 auf die Stufen der UV**

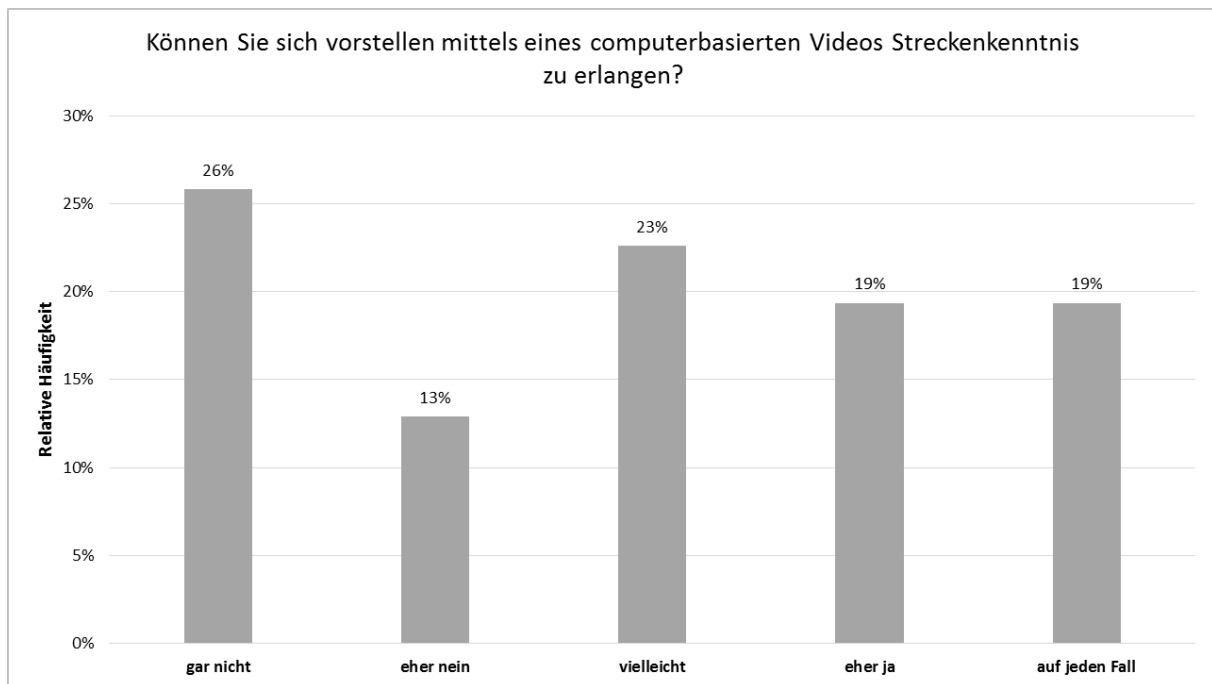
Streckenkenntnisrelevanter Aspekt	Anzahl der Antworten			
	Eingeschränkt	Fahren	CBT	Gesamt
Steigung	6	5	7	18
Tunnel	6	4	7	17
Richtungsanzeiger	1	3	6	10
BÜ (-kette)	1	3	3	7
Bahnsteigstandorte	2	3	1	6
Standort Haltepunkte / Bf	2	3	1	6
Signalstandorte	1	2	2	5

Weiterhin wurden die Tf im Gespräch gefragt, warum sie die jeweiligen Aspekte für streckenkenntnisrelevant hielten. Im Anhang 15 sind in einer Tabelle die Begründungen den einzelnen benannten Aspekten zugeordnet. Außerdem ist im Anhang 16 die Begründung einiger Teilnehmer zu finden, warum für sie ein bestimmter Aspekt nicht streckenkenntnisrelevant bzw. nicht besonders wichtig war.

### 5.3.2.2 Akzeptanz eines computerbearbeiteten Videos

Die Teilnehmer konnten die Frage 19, ob sie sich vorstellen könnten, mittels eines computerbearbeiteten Videos Streckenkenntnis zu erlangen, mit folgenden Kategorien beantworten: „Gar nicht“, „eher nein“, „vielleicht“, „eher ja“ und „auf jeden Fall“. Zur statistischen Auswertung wurden in dieser Reihenfolge die Ziffern 1 bis 5 hinterlegt.

Im Bild 42 sind die prozentualen Häufigkeiten der Antworten der teilnehmenden Tf auf die Frage 19 dargestellt. Hierbei ist zu sehen, dass sich 39 % der Teilnehmer gegen den Streckenkenntniserwerb mittels CBT entschieden (d.h. insgesamt wählten 12 Tf die Antwortkategorien „gar nicht“ oder „eher nein“). Dahingegen sprachen sich ebenfalls 12 Tf (38 %, Abweichung im Prozentsatz durch Rundungen) für den Streckenkenntniserwerb mittels CBT aus: Sie wählten die Antwortkategorien „eher ja“ und „auf jeden Fall“. Die restlichen 7 Teilnehmer (23 %) wählten die Antwortmöglichkeit „vielleicht“. Sie waren weder dafür noch dagegen oder empfanden dies als situationsabhängig. Weiterhin ist durch das Bild 42 ersichtlich, dass die meisten Teilnehmer (26 %) für die Kategorie „gar nicht“ stimmten. Damit ergab sich insgesamt ein Mittelwert von  $M = 2,94$  ( $SD = 1,48$ ).



**Bild 42: Antworten der Teilnehmer – Frage 19**

Es galt weiterhin zu untersuchen, ob es einen Unterschied hinsichtlich der Akzeptanz zwischen den Gruppen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“ gab.

Bei der Gruppe „Fahren“ wurde der kleinste Mittelwert mit  $M_{\text{Fahren}} = 2,60$  ( $SD_{\text{Fahren}} = 1,43$ ) erreicht. Die beiden Mittelwerte der Gruppen „Eingeschränkt“ und „CBT“ waren höher als der Wert der Gruppe „Fahren“ und unterschieden sich ein wenig voneinander ( $M_{\text{Eingeschränkt}} = 3$ ;  $SD_{\text{Eingeschränkt}} = 1,41$  bzw.  $M_{\text{CBT}} = 3,18$ ;  $SD_{\text{CBT}} = 1,66$ ).

Die Voraussetzung zur Anwendung der einfaktoriellen ANOVA nach Varianzhomogenität war erfüllt ( $p = 0,44$ ). Es konnte jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Versuchsgruppen in der Antwort auf die Frage 19 festgestellt werden ( $F(2, 28) = 0,4$ ;  $p = 0,67$ ). Post-hoc-Tests für die paarweisen Vergleiche wurden daher nicht mehr angewendet.

Auch wurde untersucht, ob die Antworten auf Frage 19 von den Störvariablen „Verkehrsart“ oder „Berufserfahrung“ abhängig waren. Bei der Betrachtung der Verkehrsart wurden nur 30 anstatt 31 Daten berücksichtigt, da nur 1 Tf der Gruppe „Beides“ zugeordnet wurde und Gruppen mit nur einem Fall bei der einfaktoriellen ANOVA nicht berücksichtigt werden. Die Voraussetzungen der Varianzhomogenität waren für beide Variablen nicht verletzt ( $p_{\text{Verkehrsart}} = 0,63$  bzw.  $p_{\text{Erfahrung}} = 0,66$ ). Die einfaktorielle Varianzanalyse berichtete sowohl bei der Betrachtung der Verkehrsart mit  $F_{\text{Verkehrsart}}(2, 27) = 1,53$  und ( $p_{\text{Verkehrsart}} = 0,23$ ) als auch bei der Betrachtung der Berufserfahrung mit  $F_{\text{Erfahrung}}(2, 28) = 1,25$  und ( $p_{\text{Erfahrung}} = 0,3$ ) keine signifikanten Ergebnisse.

### 5.3.2.3 Vor- und Nachteile eines computerbearbeiteten Videos

Die offene Frage 20 des Interviewbogens diente dazu eine umfangreiche Liste an Vor- und Nachteilen des CBT zu gewinnen, um diesbezüglich die eigenen Überlegungen um neue Aspekte zu ergänzen.

Vier Tf bemängelten, dass bei Mitfahrten nicht immer auf die Besonderheiten einer Strecke hingewiesen wird, da die Kommunikation stark von der Persönlichkeit und Stimmung des streckenkundi-

gen Tf abhänge. Das CBT biete hier die Möglichkeit, dass auf alle Besonderheiten der Strecke eingegangen werden könne. Außerdem führten 3 Befragte auf, dass auf persönliche Bedürfnisse eingegangen werden könne, da das Video angehalten und zurückgespult und eine bestimmte Stelle beliebig oft wiederholt werden könne (bei Mitfahrt nicht möglich). Auch benannten 3 Tf „Zeitersparnis / Größere Effizienz“ als einen Vorteil eines computerbearbeiteten Videos zum Erwerb von Streckenkenntnis. Es wurden etliche weitere Vorteile von jeweils einem Tf benannt. Diese Vorteile sind im Anhang 17 zu finden.

Die Versuchsteilnehmer sahen auch zahlreiche Nachteile in der Anwendung eines CBT zum Streckenkenntniserwerb. Im Folgenden sind wieder nur die am häufigsten benannten Nachteile dargestellt. Für die restlichen, weniger oft genannten Nachteile sei auf Anhang 17 verwiesen. Ungefähr ein Drittel der Befragten ( $n = 10$ ) bemängelte, dass bei einem CBT das (Fahr-) Gefühl bzw. Gespür für eine Strecke nicht vermittelt werden könne (z.B. rutschige Stellen oder Gleiten, Geschwindigkeit, Neigung, Bremsverhalten). Weiterhin gaben 7 Tf an, dass ihnen der Rundumblick bzw. die 3D-Sicht fehlen würde (z.B. Laubbäume, Felder, Wiesen, unterschiedlich angeordnete Signale). Auch sei es schwierig, die eigenen Orientierungspunkte zum Beschleunigen oder Bremsen zu finden, so äußerten sich 4 Teilnehmer. Weitere 4 Teilnehmer gaben an, dass für sie Lernen nur durch das Anschauen eines Videos nicht möglich sei. Sie benötigten das „Learning by doing“ und einen Tf, der Erklärungen zur Strecke abgibt. Gefährdend sei dieser Aspekt aus Sicht der Tf nicht. Erwähnenswert sind auch die „Informationen zu sozialen Aspekten“: wo z.B. übernachtet werden kann, das Einkaufen von Essen und Getränken möglich ist oder Ablösepunkte sind. Ein Video sei zwar rein betrieblich ausreichend, jedoch würden diese Informationen fehlen, so erläuterten 3 befragte Tf.

Einige Interviewteilnehmer äußerten sich darüber hinaus, dass für sie es auch von der Art der Strecke abhängig ist, ob Streckenkenntnis durch CBT erworben werden kann oder nicht. Folgende Hinweise konnten dazu erfasst werden: 4 Tf waren der Meinung, dass bei einfachen (nur geradeaus, kaum Bf, kaum Geschwindigkeitswechsel wie z.B. Schnellfahrstrecken) oder auch kürzeren Strecken Streckenkenntniserwerb durch CBT gut vorstellbar sei, bei Strecken mit vielen Besonderheiten oder längeren Strecken hingegen nicht. Ein Tf konnte sich auf Hauptbahnen Streckenkenntniserwerb durch CBT vorstellen, bei Nebenbahnen jedoch nicht. Hauptbahnen seien betrieblich einfacher und ähnelten sich, Nebenbahnen wären dahingegen zu unterschiedlich hinsichtlich der betrieblichen Besonderheiten. Ein anderer Tf gab Hinweise über die Häufigkeit des Anschauen des Videos: Bei einfachen (nur geradeaus, kaum Bf, kaum Geschwindigkeitswechsel wie z.B. Schnellfahrstrecken) oder auch kürzeren Strecken sei es ausreichend, das Video nur zweimal anzusehen. Bei Strecken mit vielen Besonderheiten oder weiteren Strecken müsste das Video öfter angeschaut werden. Auch sei ein CBT geeignet für einfache Varianten oder Veränderungen, wie z.B. nach Bahnhofsumbau, so äußerte sich 1 Tf.

Es wurden zudem weitere Hinweise gegeben, die im Anhang 17 dargestellt sind.

#### **5.3.2.4 Gestaltungsempfehlungen zu einem computerbearbeiteten Video**

Die Gestaltung eines Videos zur Streckenkenntniserlangung durch CBT mit angemessener Qualität sollte sicherlich erfahrenen Personen überlassen werden. Dennoch sollten die Wünsche der Anwender – nämlich der Tf – beachtet werden. Daher wurde mithilfe der Frage 18 des Interviewbogens als offene Frage nach der Meinung der Tf dazu gefragt. Es wurde bei der Beantwortung nicht zwischen



den drei Stufen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“ unterschieden, da es sich um eine explorative Fragestellung handelte. Zur Auswertung wurden die Antworten kategorisiert um u.a. auch Mehrfachbenennungen ausfindig machen zu können. So konnte herausgefunden werden, ob den Tf eine bestimmte Thematik hinsichtlich der Gestaltung des computerbearbeiteten Videos besonders wichtig wäre.

Die Hinterlegung von gesprochenen Informationen bei der Gestaltung eines computerbearbeiteten Videos war 6 Teilnehmern wichtig. Weitere 4 Teilnehmer sprachen sich dafür aus, dass das eigens für die Untersuchung entwickelte Video sinnvoll ist (d.h. Animationen, Text- und Sprachinformationen). Dass es sich bei den Aufnahmen um streckengetreue Originale handelt und Informationen zu hinterlegen wären, war jeweils 3 Teilnehmern wichtig. Die übrigen Antworten zu der Frage „Wie müsste das computerbearbeitete Video aufgebaut bzw. gestaltet sein“, sind dem Anhang 18 zu entnehmen. Da diese Antworten jeweils von 2 Teilnehmern angegeben worden sind, handelt es sich um eine reine Auflistung von Hinweisen, die an dieser Stelle nicht wiederholt werden soll.

Die Teilnehmer wurden befragt, welche streckenkenntnisrelevanten Aspekte in einem Video dargestellt werden sollten. Insbesondere Bahnhofskennntnis, wie z.B. Ansprechpartner, Bereiche und Ortsfunk, war 4 Teilnehmern wichtig. Jeweils 3 Teilnehmern würden besonders Kenntnisse über Neigungen und Möglichkeiten der Geschwindigkeitshaltung in diesen Bereichen, Informationen aus den ÖRil bzw. den Angaben für das Streckenbuch und Besonderheiten (wie z.B. abweichende Signalstandorte) durch computerbearbeitete Videos erwerben wollen. Ebenfalls im Anhang 18 sind die übrigen Antworten zur Frage „Welche streckenkenntnisrelevanten Aspekte müssten im computerbearbeiteten Video berücksichtigt werden?“ aufgelistet.

### **5.3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse sowohl der Hypothesen- als auch der Nebenuntersuchung zusammengefasst. Eine Interpretation der Ergebnisse und die Beurteilung der Hypothesen durch diese Erkenntnisse erfolgt im Kapitel 5.4.

#### **5.3.3.1 Zusammenfassung der Ergebnisse der Hypothesenüberprüfung**

Die im Kapitel 5.2.2.2 definierten und erläuterten AV 1 bis 9 wurden auf Abhängigkeit von der dreistufigen UV untersucht. Bei den metrisch skalierten Variablen erfolgten die inferenzstatistischen Überprüfungen anhand der einfaktoriellen ANOVA und die paarweisen Vergleiche mittels des Post-hoc-Tests LSD. Wenn die Voraussetzung der Varianzhomogenität nicht erfüllt war, wurde mittels der nichtparametrischen Verfahren H-Test und U-Test überprüft. Die Normalverteilung wurde aufgrund der Teilnehmerzahl ( $N = 31 > 30$ ) und der gleichverteilten Gruppengrößen ( $n \sim 10$ ) vorausgesetzt. Bei nominal skalierten Variablen wurde das  $\chi^2$ -Verfahren angewendet.

Für jede AV wurde im Rahmen der Hypothesenüberprüfung zunächst die Haupt- und anschließend die Zusatzuntersuchung durchgeführt. Im Rahmen der Hauptuntersuchung wurden die Effekte der UV auf die AV bei der ersten Messfahrt der Teilnehmer der drei Gruppen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“ miteinander verglichen. Die 10 Teilnehmer der Versuchsgruppe „Eingeschränkt“ befuhren die Versuchsstrecke dreimal. Dabei wurden bei jeder Fahrt die Messdaten erhoben. Hierbei handelte es sich um die Zusatzuntersuchung, bei der die Messgrößen der AV von der ersten über die zweite bis hin zur dritten Messfahrt miteinander verglichen worden sind. Dadurch sollte festgestellt werden, ob

sich die Daten in die vermutete Richtung geändert haben. Die einzelnen Hypothesenformulierungen, die den jeweiligen AV zugeordnet wurden, sind ebenfalls dem Kapitel 5.2.2.2 zu entnehmen. Bei der Zusatzuntersuchung wurden Verfahren für Messwiederholung verwendet.

### **Ergebnisse AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke**

Hinsichtlich des prozentualen Blickanteils auf die Strecke wurden keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt. Dies gilt auch für die streckenkenntnisrelevanten Bereiche.

Trotzdem war es interessant zu untersuchen, ob signifikante Unterschiede zwischen den drei Gruppen bezogen auf die prozentualen Blickanteile in den Fahrplan entstanden waren. Bei dem Vergleich ergab sich, dass die Tf ohne Streckenkenntnis häufiger in den Fahrplan blickten als die Tf mit Streckenkenntnis. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Versuchsteilnehmer der Gruppe „Fahren“ einen genauso hohen prozentualen Blickanteil in den Fahrplan aufwiesen wie die Versuchsteilnehmer der Gruppe „CBT“. Diese Beschreibungen trafen auf die Blicke während der gesamten Fahrt und während des Fahrens auf der Strecke, jedoch nicht auf den Stillstand (in den Bahnhöfen und Haltepunkt) zu. Auch auf die beiden streckenkenntnisrelevanten Aspekte „Tunnel“ und „Steigung“ ließen sich diese Beobachtungen übertragen. Dabei sei jedoch darauf hingewiesen, dass der Unterschied im Bereich der Steigung nur in der Tendenz zu erkennen war.

Auch hinsichtlich der prozentualen Blickanteile auf das MFD konnten keine bedeutenden Unterschiede gefunden werden, auch nicht bei separater Betrachtung der streckenkenntnisrelevanten Bereiche.

Entgegen den Vermutungen wurde bei der Zusatzuntersuchung festgestellt, dass sich von Mess- zu Messfahrt die Blickanteile auf die Strecke verringerten. Dies galt sowohl für die gesamte Fahrt als auch während des Fahrens auf der Strecke. Auch die prozentualen Blickanteile in den Fahrplan verringerten sich von der ersten zur dritten Fahrt – allerdings entsprach dies der vermuteten Richtung. Weiterhin erhöhten sich die prozentualen Blickanteile auf das MFD von Mess- zu Messfahrt.

### **Ergebnisse AV 2: Grad der Fixation schlecht einsehbarer Signale**

Bei der Versuchsstrecke gab es zwei schlecht einsehbare Signale (Esig und Asig von Frellendorf), die beide betrachtet worden sind.

Bei der Betrachtung des Fixationsgrades des Esig ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Bis auf einen Versuchsteilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“, der das Signal am Horizont suchte, blickten alle anderen Teilnehmer gezielt auf das Signal.

Es war ein leichter Trend dahingehend zu erkennen, dass die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ das Asig weniger stark fixierten als die Teilnehmer der Gruppen „Fahren“ und „CBT“. Ein Vergleich der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ war aufgrund fehlender Daten zweier Teilnehmer der Gruppe „Fahren“ („Nicht erkennbar/Nicht verwendbar“) nicht endgültig möglich.

Die Ergebnisse der Überprüfung der beiden schlecht zu sehenden Signale hinsichtlich des Fixationsgrades waren nicht eindeutig: Beim Esig wirkte die UV nicht, beim Asig wahrscheinlich hingegen schon. Daher wurde versucht, eine zusätzliche Überprüfung mittels beobachteter Daten vorzunehmen. Doch auch daraus konnten keine anderen Erkenntnisse gezogen werden: Hinsichtlich des Esig

ergab sich wieder kein wesentlicher Unterschied zwischen den Gruppen und beim Asig waren abermals einige Daten nicht bewertbar, sodass ebenfalls keine eindeutige Aussage möglich war.

Eine Zusatzuntersuchung für den Fixationsgrad auf das Esig war nicht sinnvoll, da bereits bei der ersten Fahrt 9 der 10 Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ gezielt auf das Signal blickten. Zwar blickte der Teilnehmer, der bei der ersten Fahrt noch das Signal am Horizont suchte bei der zweiten und dritten Fahrt gezielt auf das Esig von Frellendorf. Jedoch ist dies bei den vorliegenden Zahlen wenig aussagekräftig.

Bei der Zusatzuntersuchung zum Asig ließen sich deskriptiv Verbesserungen hinsichtlich der Fixation auf das Asig von der ersten gegenüber der dritten Fahrt feststellen: Konnten bei der ersten Fahrt lediglich bei einem Versuchsteilnehmer die Fixation des Asig und bei 5 Teilnehmern das Suchen des Asig am Horizont beobachtet werden, blickten bei der dritten Fahrt bereits 6 Teilnehmer gezielt auf das Asig.

### **Ergebnisse AV 3: Mittelwert der Bremszeiten bis zum Stillstand im Bf**

Hinsichtlich der Bremszeiten konnten bei der Hauptuntersuchung keine Unterschiede zwischen den Gruppen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“ festgestellt werden. Allerdings war die deutlich größere Streuung der Werte in der Gruppe „Eingeschränkt“ (insbesondere in den Bereich nach oben) auffällig.

Bei der Zusatzuntersuchung wurde festgestellt, dass sich die Mittelwerte der Bremszeiten verringerten. Das heißt, dass die Tf weniger Zeit zum Bremsen auf einen Halt benötigten, je öfter sie die Strecke befuhren.

### **Ergebnisse AV 4: Mittelwert der Fahrzeit**

Bei der Hauptuntersuchung wurden keine bedeutsamen Unterschiede hinsichtlich der Fahrzeiten zwischen den drei Gruppen festgestellt. Gerade aber bei dem längeren streckenkenntnisrelevanten Abschnitt „Steigung“ ergaben sich hinsichtlich der Fahrzeit Unterschiede: Die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ benötigten mehr Fahrzeit zum Durchfahren der streckenkenntnisrelevanten Abschnitte als die Teilnehmer der Gruppen „Fahren“ und „CBT“, die ungefähr gleichviel Fahrzeit benötigten. Im Tunnelbereich waren keine Unterschiede zu erkennen, allerdings kam es bei der Gruppe „Eingeschränkt“ zu auffällig größeren Streuungen im Gegensatz zu den Gruppen „Fahren“ und „CBT“. Auch ergaben sich hier ebenfalls bei einigen Teilnehmern der Gruppe „Eingeschränkt“ die größten Fahrzeiten. Dies galt ebenfalls bei der Betrachtung der Gesamtfahrzeit.

Bei der Zusatzuntersuchung verringerten sich Fahrzeiten sowohl für die gesamte Strecke als auch im Tunnel- und Steigungsbereich von der ersten gegenüber der dritten Messfahrt. Das heißt, die Teilnehmer benötigten immer weniger Zeit zum Befahren der Strecke und der streckenkenntnisrelevanten Bereiche im Einzelnen.

### **Ergebnisse AV 5: Mittelwert des Energieverbrauchs**

Es konnten keine Unterschiede hinsichtlich des Energieverbrauchs zwischen den drei Gruppen erkannt werden. Auch bei der Zusatzuntersuchung konnte keine Verringerung des Energieverbrauchs von Mess- zu Messfahrt festgestellt werden.

Jedoch konnte in Erfahrung gebracht werden, dass der Energieverbrauch von der Berufserfahrung abhängig zu sein schien: Es wurde ein hoch signifikanter Unterschied zwischen den Teilnehmern mit „wenig Erfahrung“ und „viel Erfahrung“ festgestellt. Die Teilnehmer mit wenig Berufserfahrung verbrauchten im Mittel mehr Energie als die Teilnehmer mit viel Berufserfahrung.

#### **Ergebnisse AV 6: Mittelwert der Anzahl der unnötigen Bremshebelbetätigungen**

Bei der Hauptuntersuchung konnten keine Unterschiede zwischen den Teilnehmern der drei Gruppen bezüglich der Anzahl der unnötigen Bremshebelbetätigungen festgestellt werden. Auch bei der Zusatzuntersuchung ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Messfahrten.

#### **Ergebnisse AV 7: Mittelwert des Gefühls der Vorbereitung**

Bei der Hauptuntersuchung zeigte sich, dass die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ ein weniger gutes Gefühl durch die Vorbereitung hinsichtlich des Fahrens der Strecke hatten als die Teilnehmer der Gruppen „Fahren“ und „CBT“. Es sei darauf hingewiesen, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen „Eingeschränkt“ und „Fahren“ nur im Trend bestätigt werden konnten.

Beim Überprüfen der Mittelwerte hinsichtlich der Zusatzuntersuchung war zu erkennen, dass sich die Tf besser vor der dritten Fahrt vorbereitet fühlten als vor der ersten Fahrt, bei der sie nur über eingeschränkte Streckenkenntnis verfügten.

#### **Ergebnisse AV 8: Mittelwert des Gefühls der Sicherheit im Umgang mit der Strecke**

Im Vergleich zu den beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ fühlten sich die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ nicht so sicher im Umgang mit der Strecke. Die Teilnehmer der beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ fühlten sich annähernd gleich sicher im Umgang mit der Strecke. Durch das Erfragen der Gründe für das Einschätzen des Gefühls konnte erkannt werden, dass Streckenkenntnis dabei eine Rolle spielte. Dies galt auch für die Zusatzuntersuchung, durch die festgestellt wurde, dass sich die Tf bei der dritten Messfahrt sicherer als bei der ersten Messfahrt fühlten.

#### **Ergebnisse AV 9: Mittelwert des Gefühls der Anstrengung**

Bei der Hauptuntersuchung zeigten sich keine bedeutsamen Unterschiede bezogen auf das Gefühl der Anstrengung zwischen den drei Gruppen. Die Bewertung schien nicht nur von der Streckenkenntnis abhängig zu sein. Dies konnte sowohl durch die inferenzstatistische Überprüfung als durch das Erfragen der Gründe für die Bewertung bestätigt werden.

Dahingegen wurden bei der Zusatzuntersuchung festgestellt, dass die Versuchsteilnehmer das Fahren während der dritten Fahrt als nicht mehr so anstrengend wie bei der ersten Fahrt empfanden. Hier war das Einschätzen des Gefühls der Anstrengung vor allem durch Streckenkenntnis und dem Fahrverhaltens des Zuges beeinflusst.

Weiterhin konnte ein Trend dahingehend beobachtet werden, dass die Tf mit viel Berufserfahrung das Fahren auf der Strecke weniger anstrengend als die Tf mit wenig oder mittlerer Berufserfahrung empfanden.

#### **Ergebnisse: Auffälligkeiten am Richtungsvoranzeiger**

Es wurden Auffälligkeiten bei einigen Teilnehmern der Gruppe „Eingeschränkt“ im Bereich vor dem Richtungsvoranzeiger festgestellt. Teilweise schien nicht erkannt worden zu sein, dass es sich um

einen Richtungsvoranzeiger handelte, und teilweise waren Teilnehmer durch den Richtungsvoranzeiger verunsichert. Bei den Teilnehmern der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ gab es dahingegen keine Auffälligkeiten.

### 5.3.3.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der Nebenuntersuchung

Die im Kapitel 5.2.2.3 aufgeführten weiteren interessanten Fragestellungen wurden untersucht. Hierbei handelte es sich um die Nebenuntersuchung. Das heißt, dass mit diesen Erkenntnissen keine Bewertung der Hypothesen erfolgen sollte, sondern es sich um eine explorative Teiluntersuchung handelte.

Hierzu zählte zum einen die Beurteilung streckenkenntnisrelevanter Aspekte auf der Versuchsstrecke. Es konnte eine Liste durch die teilnehmenden Tf erstellt werden. Dabei wurde vor allem festgestellt, dass die beiden Aspekte „Tunnel“ und „Steigung“ für die Teilnehmer sehr wichtig waren: Über 50 % der Befragten erachteten diese Punkte als relevant. Der Richtungsanzeiger, der aufgrund des Regelbetriebs nicht weiter untersucht worden ist, war für 32 % der Teilnehmer ein wichtiger Aspekt. Auch BÜ, Standorte der Haltepunkte und Bahnhöfe sowie Signalstandorte waren für die Tf wichtig. Die im Vorfeld als streckenkenntnisrelevant ausgelegten Aspekte „Fahrtanzeiger“ und „Hp Forstweg“ wurde kaum von den teilnehmenden Tf benannt. Zusätzlich wurde gezeigt, dass die Benennung der Aspekte nicht von der UV abhängig war.

Zum anderen wurde untersucht, inwieweit ein computerbearbeitetes Video und somit ein CBT von den Teilnehmern akzeptiert wurde. Es entschieden sich insgesamt 12 Teilnehmer „gar nicht“ oder „eher nicht“ für eine Anwendung von CBT. Ebenfalls 12 Teilnehmer konnten sich computerbearbeitete Videos zum Erwerb von Streckenkenntnis „eher ja“ und „auf jeden Fall“ vorstellen. 7 Teilnehmer würden ein CBT „vielleicht“ anwenden. Es wurde bezüglich der Antworten kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen „Eingeschränkt“, „Fahren“, „CBT“ und ebenso keine Abhängigkeit der Antworten von der Verkehrsart oder Berufserfahrung gefunden.

Außerdem wurde durch die Frage 20 des Interviewbogens eine umfangreiche Liste der Vor- und Nachteile der Anwendung des CBT zum Erwerb der Streckenkenntnis erfasst. Als häufige Vorteile wurden dabei die Gewährleistung einer qualitativen Erfassung aller Besonderheiten der Strecke, das beliebig häufige Wiederholen einer bestimmten Videosequenz und die Zeitersparnis genannt. Der häufigsten benannte Nachteil ist der, dass bei dem Anschauen eines Videos die Fahrt nicht „gefühlte“ oder „gespürt“ werden kann. Auch, dass kein Rundumblick im Video möglich ist, wurde oft als Nachteil genannt. Dadurch wäre es auch schwierig eigene Orientierungspunkte zum Beschleunigen oder Bremsen zu finden. Einige Tf benötigen auch das „Learning-by-doing“: Das bloße Anschauen eines Videos würde zum Erlernen der Strecke nicht ausreichen. Zusätzlich zu den Vor- und Nachteilen empfahlen einige Tf, wann sie das CBT als geeignet oder nicht geeignet ansähen und gaben weitere Hinweise.

Weiterhin konnte durch die Beantwortung der Frage 18 des Interviewbogens eine Vielzahl an Gestaltungsempfehlungen der Videos und der zu berücksichtigenden Aspekte gewonnen werden. Sechs Teilnehmern war insbesondere die Hinterlegung von gesprochenen Informationen wichtig, einige Teilnehmer sprachen sich dafür aus, dass das Video wie das eigens für die Untersuchung entwickelte Video gestaltet sein sollte. Auch originalgetreue Streckenabbildungen wären notwendig. Wichtig war einigen Teilnehmern, dass sie Kenntnisse über Bahnhöfe erlangen würden. Auch Informationen über

Neigungen und Möglichkeiten der Geschwindigkeitshaltung in diesen Bereichen, Informationen aus den ÖRil bzw. Angaben für das Streckenbuch und weitere Besonderheiten müssten in computerbearbeiteten Videos wiederzufinden sein.

## 5.4 Diskussion

Im vorherigen Kapitel wurden die Ergebnisse der zur Beurteilung der Hypothesen erhobenen Daten dargestellt. Außerdem wurden die Ergebnisse der Nebenuntersuchung zu den wichtigen streckenkenntnisrelevanten Aspekten und der Akzeptanz des CBT zum Streckenkenntniserwerb beschrieben. Zusätzlich konnten umfangreiche Listen zu Vor- und Nachteilen der Anwendung von CBT zum Erwerb der Streckenkenntnis und mit Gestaltungshinweisen gewonnen werden. Zuerst werden diese Ergebnisse und Erkenntnisse im vorliegenden Kapitel interpretiert. Danach wird die durchgeführte Studie kritisch gewürdigt und abschließend ein Fazit mit Ausblick gegeben.

### 5.4.1 Interpretation der Ergebnisse

#### 5.4.1.1 Interpretation der Ergebnisse der Hypothesenüberprüfung

Bevor die Hypothesen anhand der Ergebnisse bestätigt oder verworfen werden, seien wiederholend die drei Haupthypothesen aufgeführt:

- **Hypothese A: Das Fahren nach Streckenkenntniserwerb durch die Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren der Strecke in Begleitung ist erfolgreicher als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis.**
- **Hypothese B: Das Fahren nach Streckenkenntniserwerb durch ein computerbasiertes Training ist erfolgreicher als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis.**
- **Hypothese C: Das Fahren nach Streckenkenntniserwerb durch die Mitfahrt bzw. selbständiges Fahren der Strecke in Begleitung ist genauso erfolgreich wie das Fahren nach Streckenkenntniserwerb durch ein computerbasiertes Training.**

Der „Erfolg“ einer Möglichkeit zum Erwerb der Streckenkenntnis wird mittels der Aspekte „Sicherheit“, „Pünktlichkeit“, „Wirtschaftlichkeit“ sowie „Persönliches Wohlbefinden“ der Tf beurteilt. Ein Tf fährt „erfolgreich“, wenn er sicher, pünktlich und wirtschaftlich fährt und sich dabei wohlfühlt.

Die Zusatzhypothese vermutet, dass durch das mehrmalige Befahren einer Strecke ohne streckenkenntnisrelevante Erläuterungen ein Lerneffekt auftritt. Das bedeutet, dass nach mehrmaligem Befahren einer Strecke der Tf erfolgreicher fährt als dies beim erstmaligen Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis der Fall war.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass „eingeschränkte Streckenkenntnis“ hier bedeutet, dass ein Tf nur in die betrieblichen Unterlagen Einsicht genommen hatte, jedoch die sonst übliche Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h nicht bestand. Dies war notwendig, damit die Fahrzeiten miteinander verglichen werden konnten.

In Tabelle 39 sind die Ergebnisse der Hypothesenprüfungen zusammengefasst, wobei die einzelnen betrachteten AV den zur Beurteilung des „Erfolgs“ relevanten Aspekten zugeordnet sind. Im Anschluss daran werden die Ergebnisse bewertet und die eingangs aufgeworfenen Fragen beantwortet.

Bei der Bewertung werden zunächst die Haupthypothesen und anschließend die Zusatzhypothesen bewertet. Abschließend werden Rückschlüsse gezogen.

Außerdem soll an dieser Stelle nochmals betont werden, dass bei einem nicht signifikanten Ergebnis die Hypothese nicht bestätigt werden kann. Allerdings heißt dies nicht automatisch, dass die Nullhypothese „es gibt keine Unterschiede“ bzw. „die Unterschiede sind zufällig entstanden“ bestätigt werden darf (siehe Kapitel 3.6.2.1).

**Tabelle 39: Hypothesenbewertung anhand der AV 1 bis 9**

	Ziele des Tf	AV	Bestätigung der Haupthypothesen	Bestätigung der Zusatzhypothese
Blickdaten	Sicherheit	AV 1: Prozentualer Anteil der Blicke	(✓)	(✓)
		AV 2: Grad der Fixation schlecht einsehbarer Signale	(✓)	(✓)
Fahrdaten	Pünktlichkeit	AV 3: Mittelwert der Bremszeiten bis zum Stillstand in Bf	✗	✓
		AV 4: Mittelwert der Fahrzeit	(✓)	✓
	Wirtschaftlichkeit	AV 5: Mittelwert des Energieverbrauchs	✗	✗
		AV 6: Anzahl der unnötigen Bremshebelbetätigungen	✗	✗
Subjektive Daten	Persönliches Wohlbefinden	AV 7: Mittelwert des Gefühls der Vorbereitung	✓	✓
		AV 8: Mittelwert des Gefühls der Sicherheit im Umgang mit der Strecke	✓	✓
		AV 9: Mittelwert des Gefühls der Anstrengung	✗	✓

Anmerkung: ✓ Hypothesen bestätigt; (✓) Hypothesen teilweise bestätigt<sup>284</sup>; ✗ Hypothesen nicht bestätigt

### Bewertung der Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb anhand der Sicherheit

#### Hauptuntersuchung

Es wurden keine statistisch bedeutsamen Unterschiede hinsichtlich des prozentualen Blickanteils auf die Strecke zwischen den Tf mit Streckenkenntnis durch Mitfahrten bzw. selbständigen Fahren und CBT gegenüber den Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis gefunden. Dies widerspricht den Hypothesen.

Tf mit Streckenkenntnis (sei es durch Mitfahrt oder CBT) blickten prozentual weniger in den Fahrplan während der Fahrt als Tf, die die Strecke nur durch betriebliche Unterlagen kannten. Zwischen den

<sup>284</sup> Erläuterungen sind dem Fließtext dieses Kapitels zu entnehmen.

Blickanteilen der beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ wurden keine Unterschiede festgestellt. Dieses Ergebnis spricht für die Hypothese, dass das Fahren mit Streckenkenntnis erfolgreicher ist als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis und dass es keine Unterschiede zwischen den Möglichkeiten gibt. „Erfolgreicher“ sind Tf, die weniger in den Fahrplan blicken, deshalb, da für sie mehr Zeit für andere Tätigkeiten zur Verfügung steht oder sie anderen Aufgaben ihre Aufmerksamkeit widmen können. Weiterhin gab es keine Unterschiede zwischen den beiden Möglichkeiten „Mitfahrt bzw. Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person“ und „Computerbasiertes Training“. Diese Beobachtung werden auch durch die beiden streckenkenntnisrelevanten Bereiche „Tunnel“ (=signifikant) und „Steigung“ (=tendenziell) bestätigt. Bei den beiden Bereichen „Fahrtanzeiger“ und „Hp Forstweg“ wurden keine signifikanten Unterschiede berichtet. Dies beeinflusst aus Sicht der Autorin die Ergebnisse jedoch nicht, da es sich zum einen beim Bereich „Fahrtanzeiger“ um einen sehr kurzen und somit nicht aussagekräftigen Abschnitt handelte. Zum anderen folgten beide Bereiche unmittelbar nach einem Halt im Bahnhof und die Tf hatten innerhalb der jeweils einminütigen Aufenthalte ausreichend Zeit zur Verfügung, den Fahrplan zu studieren. Die Blicke in den Fahrplan waren daher für diese beiden Bereiche während der Fahrt nicht zwingend notwendig.

In welche Bereiche blickten die Versuchsteilnehmer, die die Strecke kannten und weniger häufig in den Fahrplan blickten als die Versuchsteilnehmer mit eingeschränkter Streckenkenntnis, wenn es keine Unterschiede hinsichtlich der Blicke auf die Strecke gab? Um dies zu beantworten, wurden die prozentualen Blickanteile auf das MFD betrachtet. Es wurden jedoch keine statistisch bedeutsamen Unterschiede gefunden.

Ein weiterer Aspekt zur Beurteilung der Hypothesen anhand der Sicherheit ist der Fixationsgrad der schlecht einsehbaren Signale (AV 2). Zu diesem Zeitpunkt ist eine abschließende Bewertung der Hypothesen anhand der Erkenntnisse nicht möglich, aber ein Trend ist zu erkennen. Auf der Versuchsstrecke gab es zwei schlecht einsehbare Signale. Auf das eine Signal blickten alle Tf bis auf einen Teilnehmer (unabhängig von Vorliegen der Streckenkenntnis oder eingeschränkter Streckenkenntnis) gezielt. Bei dem anderen Signal hingegen war zu erkennen, dass die teilnehmenden Tf mit nur eingeschränkter Streckenkenntnis das Signal weniger stark fixierten. Ein Vergleich der Streckenkenntnis durch Mitfahrt bzw. Begleitung und CBT ist nicht möglich, da bei einigen Teilnehmern beider Gruppen der Fixationsgrad nicht eindeutig zu bestimmen war. Es ist ein Trend dahingehend zu vermuten, dass die Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis häufiger ein Signal am Horizont suchen als Tf mit Streckenkenntnis.

#### *Zusatzuntersuchung*

Aufgezeigt wird der Effekt, dass die Tf bei der ersten Messfahrt der Zusatzuntersuchung mehr auf die Strecke blickten als bei der dritten Messfahrt. Die Blickanteile auf die Strecke scheinen sich demnach zu verringern, wenn ein Tf die Strecke kennt, die Zusatzhypothese wird für diesen Aspekt verworfen.

Die Vermutung, dass sich von der ersten bis zur dritten Fahrt die prozentualen Blickanteile der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ in den Fahrplan verringerten, wird bestätigt.

Bezüglich der Betrachtung der AV 2 bewahrte sich die Vermutung, dass bei der dritten Fahrt mehr Teilnehmer der Gruppe mit eingeschränkter Streckenkenntnis mit „gezieltem Blick auf das Signal bzw. rechte Seite des Gleises“ schauten als bei der ersten Fahrt. Diese Beobachtungen ließen sich nur bei dem zweiten Signal feststellen, da bereits bei der ersten Fahrt fast alle Teilnehmer der Gruppe



„Eingeschränkt“ gezielt auf das erste Signal blickten und somit eine Verbesserung für diese AV nicht möglich war.

### *Schlussfolgerung*

Die drei Hypothesen A bis C können anhand der Sicherheit durch die AV 1 nicht bestätigt werden, denn die Blickanteile auf die Strecke unterschieden sich nicht zwischen den Gruppen „Eingeschränkt“, „Fahren“ und „CBT“. Anhand nicht sicherheitsrelevanter Aspekte kann durch die Betrachtung der Blickanteile in den Fahrplan dahingegen bestätigt werden, dass das Fahren nach Streckenkenntniserwerb mittels Mitfahrt oder CBT erfolgreicher ist als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis. Denn durch die höheren Blickanteile in den Fahrplan stünde den Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis weniger Zeit zur Verfügung, anderen wichtigen Tätigkeiten während der Fahrt nachzukommen, wie z.B. die Bedienung des Funkgeräts oder entsprechendes Reagieren bei betrieblichen Unregelmäßigkeiten. Aus diesen Überlegungen heraus und aufgrund des Ergebnisses, dass es zwischen den beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ keinen Unterschied bezüglich der Blicke in den Fahrplan gab, werden die Haupthypothesen teilweise bestätigt.

Zusammenfassend zur AV 2 lässt sich bestätigen, dass anhand der Bewertung der Sicherheit das Fahren nach Streckenkenntniserwerb durch Mitfahrt bzw. Begleitung oder CBT im Ansatz erfolgreicher ist als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis. Es können derzeit keine Unterschiede zwischen den beiden Möglichkeiten „Mitfahrt oder Begleitung“ und „CBT“ aufgedeckt werden. Die drei Haupthypothesen A bis C können nicht endgültig bestätigt werden und bleiben daher weiter bestehen.

Diese Ergebnisse lassen sich auch auf die Zusatzuntersuchung übertragen (Vergleich der ersten mit der dritten Messfahrt der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“). Dadurch zeigt sich gerade bei Betrachtung der AV 2, dass ein Lerneffekt beim mehrmaligen Befahren einer Strecke vorliegt.

### **Bewertung der Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb anhand der Pünktlichkeit**

#### *Hauptuntersuchung*

Die drei Hypothesen A bis C werden hinsichtlich der Fahrzeit und Bremszeit zunächst nicht bestätigt. Bei den Bremszeiten in den Bahnhöfen und Haltepunkt ist kein Unterschied zwischen dem Fahren mit Streckenkenntnis (unabhängig davon, ob durch Mitfahrt bzw. Begleitung oder durch CBT) und eingeschränkter Streckenkenntnis nachzuweisen. Hinsichtlich der Fahrzeit sind die Unterschiede nicht groß genug, auch hier scheint die Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs keinen Einfluss zu haben. Allerdings kam es in der Gruppe „Eingeschränkt“ zu größeren Streuungen als bei den Gruppen „Fahren“ und „CBT“ (Sowohl bei der Fahr- also auch Bremszeit). Einige Teilnehmer mit eingeschränkter Streckenkenntnis benötigten deutlich mehr Zeit zum Befahren der Strecke und zum Bremsen gegenüber den anderen Tf.

In dem streckenkenntnisrelevanten längeren Abschnitt „Steigung“ werden die Hypothesen hinsichtlich der Fahrzeit bestätigt: Die Tf benötigten mit eingeschränkter Streckenkenntnis mehr Zeit zum Durchfahren dieses Bereichs als die Tf mit Streckenkenntnis. Zwischen der Fahrzeit der beiden Gruppen „Fahren“ und „CBT“ gab es keinen Unterschied. Auch im Bereich des Tunnels wurden wiederum größere Streuungen innerhalb der Gruppe „Eingeschränkt“ bemerkt: Hier benötigten einige Tf ebenfalls deutlich mehr Zeit zum Befahren des Tunnels als die Tf der anderen Gruppen.

### *Zusatzuntersuchung*

Die Hypothese, dass die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ bei der dritten Fahrt die Strecke schneller befahren und eine kürzere Bremszeit aufweisen, wird bestätigt. Das bedeutet, dass hier ein Lerneffekt vorliegt.

### *Schlussfolgerung*

Dass die Hypothesen anhand der Pünktlichkeit nicht bestätigt wurden, kann daran liegen, dass doch nicht nur die UV wirkte, sondern die Fahr- und Bremszeiten individuell vom Tf abhängig sind. Dies wird durch die Zusatzuntersuchung bekräftigt, da jene widersprüchlich zur Hauptuntersuchung ausfällt und aufzeigte, dass bei jedem Tf ein Lerneffekt vorlag und er sich von Fahrt zu Fahrt „verbesserte“.

Dennoch bedeuten diese Erkenntnisse im Umkehrschluss nicht automatisch, dass es keine Abhängigkeit zwischen der Fahr- und Bremszeit und dem Streckenkenntniserwerb gibt (Methode des Erwerbs oder ob überhaupt Streckenkenntnis vorliegt). Dies wird zum einen dadurch bestärkt, dass bei der Gruppe „Eingeschränkt“ größere Streuungen insbesondere „nach oben“ hinsichtlich der Fahr- und Bremszeit zu beobachten waren. Das heißt, dass einige Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis sehr lange zum Befahren der Strecke und zum Bremsen brauchten. Zum anderen konnten gerade in dem längeren streckenkenntnisrelevanten Bereich „Steigung“ die Hypothesen bestätigt werden. Eine Tendenz zur Bestätigung der Hypothesen anhand der Fahr- und Bremszeit ist daher durchaus vorhanden, kann aber nicht signifikant nachgewiesen werden. Die Autorin vermutet, dass bei einer größeren Strichprobe und somit größeren Gruppengrößen die Unterschiede insbesondere bei der Fahrzeit deutlicher zu Tage gekommen wären.

### **Bewertung der Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb anhand der Wirtschaftlichkeit (ESF)**

Unter „Wirtschaftlichkeit“ ist hier das ESF zu verstehen. Der Aspekt „Pünktlichkeit“ spielt bei der Wirtschaftlichkeit auch eine Rolle, wurde jedoch separat betrachtet. Das ESF wird zum einen mit dem Energieverbrauch beim Fahren beurteilt. Zum anderen wird die Anzahl der unnötigen Bremshebelbetätigungen als Maß für die Stetigkeit der Fahrweise herangezogen.

### *Hauptuntersuchung*

Bei beiden Betrachtungen können die Haupthypothesen nicht bestätigt werden. Die Nullhypothese wird somit nicht verworfen und es ist anzunehmen, dass die UV keine Auswirkung auf das ESF und dahingehend auf die Wirtschaftlichkeit hat.

### *Zusatzuntersuchung*

Auch bei der Zusatzuntersuchung können die Hypothesen nicht bestätigt werden. Der Lerneffekt scheint somit keinen Einfluss auf das ESF und somit die Wirtschaftlichkeit zu haben.

### *Schlussfolgerung*

Sowohl die Möglichkeit des Streckenkenntniserwerbs als auch der Aspekt, ob Streckenkenntnis überhaupt vorliegt, scheint keinen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit zu haben. Dass ein anderer Aspekt einen Einfluss auf das ESF und somit die Wirtschaftlichkeit hat, wird durch die Betrachtung der Be-

rufserfahrung der teilnehmenden Tf deutlich. Die Teilnehmer mit wenig Berufserfahrung verbrauchten im Mittel mehr Energie als die Teilnehmer mit viel Berufserfahrung.

### **Bewertung der Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb anhand des persönlichen Wohlbefindens der Tf**

#### *Hauptuntersuchung*

Hinsichtlich des Gefühls der Vorbereitung und des Gefühls der Sicherheit im Umgang mit der Strecke können die Haupthypothesen A bis C bestätigt werden. Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis fühlten sich schlechter auf das erstmalige Befahren der Strecke vorbereitet und unsicherer im Umgang mit der Strecke während der Fahrt. Die Tf mit Streckenkenntnis durch Mitfahrt bzw. Begleitung fühlten sich nicht nur gleich gut vorbereitet auf das erstmalige Befahren der Strecke wie die Tf mit Streckenkenntnis durch CBT, auch während der Fahrt fühlten sich beide Gruppen gleich sicher im Umgang mit der Strecke. Durch die Angabe der Begründungen für die Bewertung des Sicherheitsgefühls durch die Tf wurde aufgezeigt, dass „Streckenkenntnis“ ausschlaggebend für diese war.

Bezüglich der Betrachtung des Gefühls der Anstrengung können die Haupthypothesen nicht bestätigt werden. Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede durch die Art und Weise des Streckenkenntniserwerbs nachgewiesen. Dies spiegelt sich ebenso in den Begründungen der Tf wider, denn wenige Tf gaben „Streckenkenntnis“ als Grund ihrer Bewertung an, sondern dafür z.B. den „Umgang mit dem Simulator“. Es sei angemerkt, dass die Werte der Gruppe „Eingeschränkt“ am meisten streuten und in dieser Gruppe die Teilnehmer mit der „schlechtesten“ Bewertung der Anstrengung enthalten waren.

#### *Zusatzuntersuchung*

Die Tf fühlten sich vor der dritten Messfahrt besser vorbereitet als noch vor der ersten Fahrt und sich beim Befahren sicherer. Daher kann für die AV 7 und 8 die Zusatzhypothese bestätigt werden. Bei Betrachtung der AV 9 wurde ebenfalls festgestellt, dass die Tf bei der dritten Messfahrt das Befahren weniger anstrengend als bei der ersten Messfahrt empfanden. Die Tf begründeten ihre Bewertungen fast alle mit „Streckenkenntnis“. Lediglich bei der Bewertung des Gefühls der Anstrengung schien auch das „Fahrgefühl“ eine Rolle zu spielen.

Somit scheint sich durch den Übungseffekt das Gefühl der Vorbereitung zu verbessern, das Gefühl der Sicherheit beim Befahren der Strecke zu erhöhen und die Anstrengung beim Fahren zu verringern.

#### *Schlussfolgerung*

Die Ergebnisse der Zusatzuntersuchung zum Gefühl der Vorbereitung und der Sicherheit im Umgang mit der Strecke bestätigen die Beobachtungen der Hauptuntersuchung: Diejenigen Tf, die bereits die Strecke kannten (durch einen Lerneffekt durch Streckenkenntniserwerb oder durch das mehrmalige Befahren), fühlten sich wohler und sicherer.

Bei der Betrachtung der Anstrengung konnten diese Beobachtungen nicht gemacht werden. Deskriptiv unterschieden sich die Werte zwar dahingehend, dass die Gruppe „Eingeschränkt“ das Fahren am anstrengendsten fanden (zusätzlich streuten die Werte dieser Gruppe am meisten und es waren in dieser Gruppe die Teilnehmer mit der „schlechtesten“ Bewertung der Anstrengung enthalten). Die

Unterschiede konnten mittels der vorgenommenen Untersuchung statistisch nicht belegt werden. Es ist aber zu vermuten, dass sich im Rahmen einer zukünftigen Untersuchung mit einer größeren Teilnehmerzahl durchaus andere Ergebnisse ergeben könnten. Zu diesem Rückschluss kommt die Autorin der vorliegenden Arbeit, da bei der Zusatzuntersuchung die Teilnehmer bei der dritten Fahrt das Fahren weniger anstrengend empfanden als bei der ersten Fahrt (bei der dritten Fahrt hatten die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ die Strecke genauso oft gesehen wie die Teilnehmer der anderen beiden Gruppen). Zusätzlich scheint die empfundene Anstrengung auch davon abhängig zu sein, wie erfahren ein Tf bereits in der Ausübung der Tf-Tätigkeit ist. Denn es ist ein Trend dahingehend zu beobachten, dass die Tf mit viel Berufserfahrung das Fahren auf der Strecke weniger anstrengend empfanden als die Tf mit wenig oder mittlerer Berufserfahrung.

### **Bewertung der Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb anhand der Beobachtungen am Richtungsvoranzeiger**

Es wurde festgestellt, dass einige Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis vermutlich den Richtungsvoranzeiger gar nicht als solchen erkannten oder verunsichert wurden und dadurch langsamer fuhren. Das kann daran liegen, dass die Tf die Strecke vorher noch nie gesehen hatten und sich dementsprechend nicht auf den Richtungsanzeiger vorbereiten konnten. Dieser wurde zwar im Fahrplan angekündigt, jedoch konnten diejenigen Tf sich nicht gezielt darauf einstellen, sondern hatten wesentlich mehr Eindrücke zu verarbeiten als die Tf, die die Strecke bereits zweimal gesehen hatten und durch Erläuterungen darauf vorbereitet worden sind.

Dies kann Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit, Pünktlichkeit oder eventuell auch Sicherheit haben (wenn z.B. nicht erkannt wird, dass der eingestellte Fahrweg vom Regelweg abweicht und dort nur eine geringere Geschwindigkeit gefahren werden darf).

### **Abschließende Bewertung der Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb**

Die Haupthypothesen werden nicht durch alle AV bestätigt. Allerdings lässt sich eine Tendenz erkennen. Durch die Bewertung der Hypothesen anhand der „Sicherheit“, „Pünktlichkeit“ und „persönlichen Wohlbefindens“ wurde nicht nur deutlich, dass Tf mit Streckenkenntnis im Trend sicherer fahren als Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis.

Auch wird die Behauptung, dass Tf mit Streckenkenntnis pünktlicher fahren, grundsätzlich nicht verworfen: Vor allem im längsten streckenkenntnisrelevanten Bereich (Steigung) kam es zu Unterschieden dahingehend, dass Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis länger zum Befahren dieses Bereichs und Tf mit Streckenkenntnis durch Mitfahrt genauso lange zum Befahren des Bereichs wie Tf mit Streckenkenntnis durch ein CBT benötigten. Außerdem wurden bei der Gruppe der Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis insgesamt deutliche Streuungen in der Fahrzeit aufgezeigt. Zusätzlich waren in dieser Gruppe jeweils die Tf mit den höchsten Fahrtzeiten zu finden.

Der Einfluss auf das ESF (Wirtschaftlichkeit) dahingehend, ob mit oder ohne Streckenkenntnis gefahren wurde, konnte nicht bestätigt werden.

Das Vorliegen oder Nichtvorliegen von Streckenkenntnis wirkte sich jedoch auf das persönliche Wohlbefinden und somit auf das Gefühl der Handlungssicherheit eines Tf aus. Egal ob durch eine Mitfahrt bzw. Fahrt in Begleitung oder ein CBT: Ein Tf mit Streckenkenntnis fühlte sich wohler und sicherer im Umgang mit der Strecke als ein Tf mit eingeschränkter Streckenkenntnis. Unterschiede

gab es zwischen den Tf mit Streckenkenntnis durch Mitfahrt bzw. Begleitung und den Tf mit Streckenkenntnis durch CBT dabei kaum.

Durch diese Erkenntnisse zieht die Autorin folgende Rückschlüsse auf die Bewertung der Hypothesen und kommt zu folgender vorübergehender Beurteilung der Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs:

- **Das Fahren mit Streckenkenntnis ist vermutlich erfolgreicher und somit besser geeignet als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis bei voller Streckengeschwindigkeit (Hypothesen A und B im Trend bestätigt).**
- **Das Fahren nach Streckenkenntniserwerb durch Mitfahrten im Führerstand oder das selbständige Fahren ihn Begleitung einer streckenkundigen Person ist vermutlich genauso erfolgreich und somit genauso gut geeignet wie das Fahren nach Streckenkenntniserwerb durch CBT (Hypothese C vorübergehend bestätigt).**
- **Es sind weitere Untersuchungen notwendig, um die Hypothesen A bis C abschließend zu bewerten.**

#### **Abschließende Bewertung der Zusatzuntersuchung**

Bis auf die Betrachtung des Aspekts „Wirtschaftlichkeit“ (kein Einfluss auf das ESF) wurde festgestellt, dass nach mehrmaligem Befahren einer Strecke die Tf erfolgreicher fuhren als dies beim erstmaligen Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis der Fall war. Anhand der „Sicherheit“ ließ sich bei Betrachtung der AV 2 feststellen, dass die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ von Fahrt zu Fahrt das entsprechende Signal stärker fixierten. Auch befuhren sie bei der dritten Fahrt die Strecke schneller und wiesen eine kürzere Bremszeit auf als bei der ersten Fahrt (Verbesserung der „Pünktlichkeit“). Des Weiteren fühlten sie sich „wohler“, „sicherer“ und empfanden das Fahren weniger „anstrengend“ als bei der ersten Messfahrt.

Daraus wird folgender Rückschluss gezogen:

- **Durch das mehrmalige Befahren einer Strecke ohne streckenkenntnisrelevante Erläuterungen tritt ein Lerneffekt auf.**
- **Es wird vermutet, dass die dritte Messfahrt der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ mit den jeweils ersten Messfahrten der Teilnehmer der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ annähernd gleichzusetzen ist (alle Teilnehmer haben die Strecke zuvor zweimal gesehen). Inwieweit die Vermutung zutrifft, müsste vertiefend untersucht werden.**

#### **5.4.1.2 Interpretation der Ergebnisse der Nebenuntersuchung**

Die im Kapitel 5.2.2.3 aufgeführten weiteren interessanten Fragestellungen wurden explorativ im Rahmen einer Nebenuntersuchung betrachtet. Die daraus resultierenden Erkenntnisse werden im Folgenden interpretiert.

Durch die Beurteilung der streckenkenntnisrelevanten Aspekte der Versuchsstrecke werden vor allem die folgenden zwei Erkenntnisse gewonnen: Auch die Teilnehmer der Studie empfanden die Bereiche „Tunnel“ und „Steigung“ als relevant. Weitere streckenkenntnisrelevante Aspekte wurden bei der Frage 17 des Interviews nicht so oft benannt wie diese beiden Bereiche. Daher war eine spezielle

Betrachtung des Tunnels und der Steigung im Experiment sinnvoll. Weiterhin wurde zusätzlich eine Vielzahl an Aspekten benannt, die sich in der Anlage 1 der VDV-Schrift 755 wiederfinden. Durch die Vielzahl an Antworten wird u.a. deutlich, dass es individuell vom Tf abhängig sein kann, welche Aspekte er als streckenkenntnisrelevant erachtet und welche nicht. Durchaus benannte ein Tf einen gewissen Aspekt und ein anderer wiederum begründete, warum gerade dieser Aspekt nicht streckenkenntnisrelevant sei.

Es wird außerdem deutlich, dass keine einheitliche Meinung zur Akzeptanz eines CBT herrscht: Die gleiche Anzahl an Tf war für oder gegen die Anwendung eines CBT zum Streckenkenntniserwerb. Auch bei denjenigen Tf, die bereits die Streckenkenntnis durch ein computerbearbeitetes Video im Versuch erlangt hatten, zeigte sich keine Tendenz zur Befürwortung des CBT.

Durch die Erfassung der Vor- und Nachteile wurden nicht nur eine umfangreiche Liste erstellt und somit wertvolle Hinweise zur Gestaltung eines computerbearbeiteten Videos zur Streckenkenntniserlangung gewonnen. Deutlich zeichnete sich auch ab, warum sich die Tf gegen eine CBT- und somit auch Video-Schulung aussprachen: Der am häufigsten genannte Nachteil ist derjenige, dass bei dem Anschauen eines Videos die Fahrt nicht „gefühl“ oder „gespürt“ werden kann. Dies kann durch ein Video niemals vermittelt werden. Es sei denn, es würde auf einem Simulator mit Neigetechnik abgespielt werden, was wiederum die Vorteile eines CBT zunichtemacht, da die Tf an einen bestimmten Ort gebunden wären, um das Video zu studieren. Und auch eine Simulatorfahrt wird nicht die exakten realen Erlebnisse bzw. das Gefühl für die Strecke vermitteln können.

### **5.4.2 Kritik zur Datenerhebung und Methodik**

Zur Beurteilung der Datenerhebung und Methodik des Experiments werden die im Kapitel 3.4 hergeleiteten Begriffe zur „Validität“ verwendet.

#### **5.4.2.1 Konstruktvalidität**

##### **Umfang des Streckenkenntniserwerbs**

Bei der Beurteilung der Hypothesen und somit der Überprüfung der Wirkung der UV ist zu berücksichtigen, dass die Teilnehmer mit Streckenkenntnis nur zweimal die Strecke befahren bzw. im Video gesehen hatten. In der Praxis liegt traditionell nach zwei Fahrten noch keine Streckenkenntnis vor, sondern die Tf befahren normalerweise im Rahmen von Streckenkenntnisfahrten die Strecke öfter, bevor sie sich als streckenkundig erklären. Der zeitliche Umfang eines Experimentes – gerade im Hinblick auf die Vorbereitung der Strecke zum Thema „Streckenkenntniserwerb“ – war jedoch begrenzt, da die meisten Tf nicht aus der Umgebung Braunschweigs kamen und lange An- und Abfahrtswege hatten. Es war nicht möglich, ein Experiment über mehrere Stunden durchzuführen. Vermutlich hätten bei noch umfangreicherem Streckenkenntniserwerb in Form von mehreren Mitfahrten und beliebig häufigem Anschauen des Videos deutlichere Unterschiede zwischen den Teilnehmern mit und ohne Streckenkenntnis festgestellt werden können.

##### **Computerbearbeitetes Video**

Das eigens für die Studie von der Autorin der vorliegenden Arbeit erstellte Video hatte seine Grenzen: Der Versuchsteilnehmer konnte nicht wie im Video der GPSinfradat-Streckenkunde-DVD der

Firma Bahnkonzept<sup>285</sup> von einem Signal zum nächsten „springen“, sondern lediglich das Video anhalten und vor- oder zurückspulen. Dadurch konnte einige Vorteile eines CBT bei der Streckenkenntnisschulung im Experiment nicht berücksichtigt werden. Wäre dies möglich gewesen, hätten vermutlich stärkere Effekte aufgezeigt werden können.

### **Bedingungen „Fahren“ und „CBT“**

Ein Nachteil der Laborstudie war, dass die beiden Bedingungen „Fahren“ und „CBT“ ähnlich zu sein schienen, da es sich bei beiden nur um das Anschauen einer Simulationsstrecke handelte und im Gegensatz zu der Realität bei der Mitfahrt z.B. kein Rundumblick möglich war. Da die Versuchsstrecke aufgezeichnet worden ist, zeigte das Video die Originalstrecke (auch wenn es sich um eine Simulation handelt), denn die Messfahrten fanden ebenfalls auf dieser simulierten Versuchsstrecke statt. In der Realität wäre die Fahrt auf der Strecke aus dem Führerstand hinaus aufgezeichnet worden. Dennoch vertritt die Autorin die Auffassung, dass die Ergebnisse diesbezüglich realistisch sind, da bei der Messfahrt schlussendlich auch keine realistische, sondern eine simulierte Strecke befahren wurde. Weiterhin hatten die Tf bei den Mitfahrten – im Gegensatz zu den Teilnehmern der Gruppe „CBT“ – durchaus die Möglichkeit, die Versuchsleiterin zu weiteren Aspekten der Strecke zu befragen sowie das Fahren und Bremsen zu üben und an die Begebenheiten anzupassen.

### **Fahrgefühl am Simulator**

Hinsichtlich des Fahrgefühls erreichten die Simulatorfahrt und somit auch der Laborversuch ihre Grenzen. Einige Tf bemängelten, dass sie sich stets am MFD orientieren mussten, um sich zu vergewissern mit welcher Geschwindigkeit sie aktuell fuhren. Dies war realitätsfern, da sie gemäß eigener Aussage bei einer realen Fahrt auf der Strecke stets die Geschwindigkeit spüren würden. Auch hätten sie dadurch kein Gespür für das Bremsen. Dieses Phänomen konnte und kann am Simulator nicht eliminiert werden, da es sich um einen feststehenden Simulator handelt und somit Bewegungen des Führerstandes (z.B. durch Geschwindigkeiten) nicht nachempfunden werden können. Vermutet wird, dass dieses fehlende Fahrgefühl auch die Überprüfung des Effekts der UV auf die AV „Bremszeit“, „Fahrzeit“ und „Anstrengung“ beeinflusst haben könnte. Bei Feldversuchen kann dieser Einfluss verhindert werden.

### **Zusatzuntersuchung: Halt zeigendes Esig Frellendorf**

Dass eine Verbesserung hinsichtlich der Fahrzeit bei den Teilnehmern der Zusatzuntersuchung erlangt werden konnte, kann u.a. daran auch daran liegen, dass diese immer besser auf die Versuchsbedingungen der Strecke vorbereitet waren. Bei der ersten Messfahrt wurden alle Teilnehmer vom Vorsignal des Esig von Frellendorf durch das Signal „Halt erwarten“ überrascht. Dahingegen war es möglich, dass sich die Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ bereits bei der dritten Fahrt darauf einstellen konnten und sich bereithielten, den Bremsvorgang optimal einzuleiten. Allerdings beanspruchte dies nur einen Bruchteil der gesamten Fahrzeit und auf der Strecke gab es sonst keine weiteren Einstellungen, die von einer Regelfahrt abwichen. Bei den Teilnehmern der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ wurden während der Fahrten zur Streckenkenntniserlangung und im Video das Esig von Frellendorf auf „Fahrt“ gestellt, um sie nicht auf die Versuchsbedingungen der Messfahrt einzustellen

---

<sup>285</sup> siehe dazu Kapitel 2.2.1.4 in der vorliegenden Arbeit

und die Fahrt somit mit der ersten Messfahrt der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ vergleichbar zu machen.

### **Blickerfassung**

Die Beurteilung der Blicke mittels Dikablis hatte seine Grenzen, denn die Fixation der Signale konnte nur schwer beurteilt werden. Es war nicht möglich zu messen, wann genau der Teilnehmer das erste Mal und wie lange das bestimmte Signal fixierte, da es sich um teilweise sehr kleine bewegliche Teilbereiche auf dem Bildschirm handelte und die Datenaufzeichnung mittels Dikablis zu ungenau erfolgte. Dadurch kann auch nicht eindeutig gesagt werden, wohin ein Tf genau im Fahrplan blickte. Dies wäre durchaus interessant gewesen zu wissen.

### **5.4.2.2 Interne Validität**

Die Untersuchung verfügte über eine hohe interne Validität. Wie in den Kapiteln 5.2.2.4 und 5.2.2.5 aufgeführt, wurden die potenziellen Störvariablen „Vertrautheit mit dem Führerstand und dem Simulator“, „Voraussetzungen der Versuchsteilnehmer (Motivation in Bezug auf Streckenkenntnis)“ und „Merkmalseigenschaften der Versuchsteilnehmer (Verkehrsart, Berufserfahrung, Alter)“ auf die verschiedenen Versuchsgruppen annähernd gleich aufgeteilt. Durch die Durchführung der Studie im Labor konnten nicht kontrollierbare Umwelteinflüsse wie z.B. unterschiedliche Witterungs- und Sichtverhältnisse oder Abweichungen vom Regelbetrieb vermieden werden. Die Gruppen unterschieden sich somit nur in den Stufen der UV. Dies bedeutet, dass mögliche Gruppenunterschiede bezüglich der AV mit hoher Wahrscheinlichkeit von der UV abhängig waren. Erwartungseffekte wurden eliminiert.

### **5.4.2.3 Externe Validität**

#### **Stichprobenziehung**

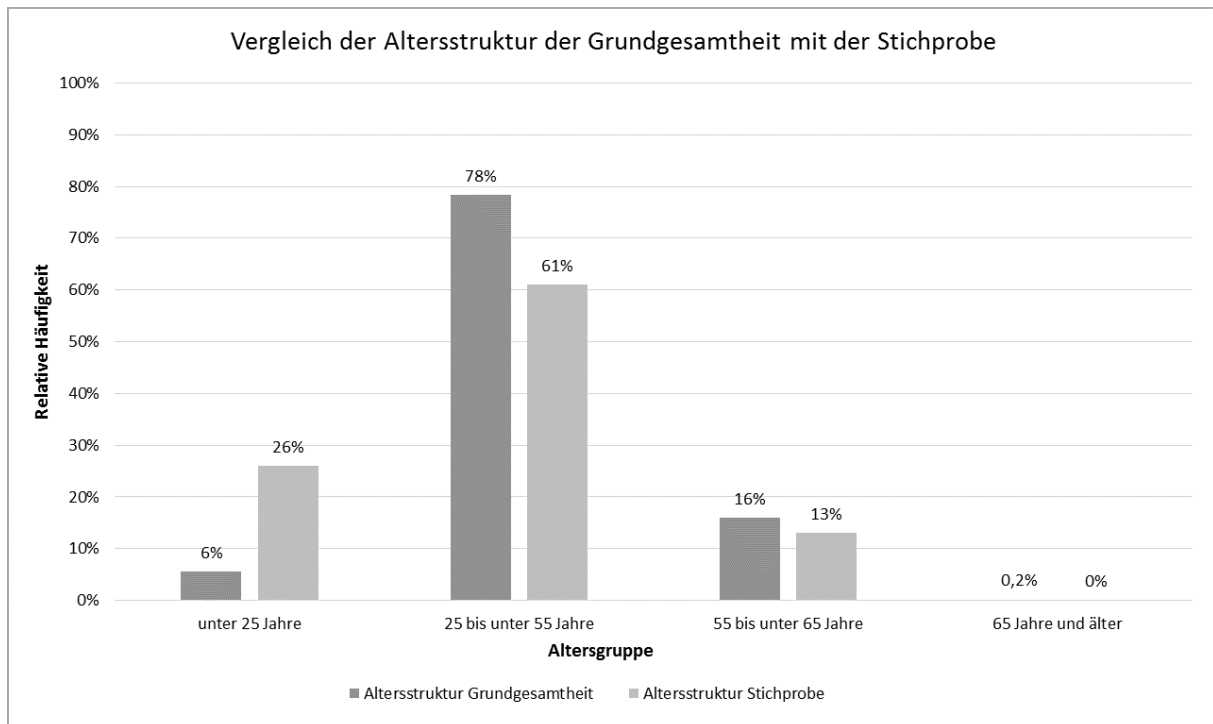
Die Ziehung einer „echten“ Zufallsstichprobe wurde nicht vorgenommen, da kein direkter Zugriff auf die Tf möglich war. Durch das eingangs beschriebene, verwendete Schneeballverfahren kann die Repräsentativität der Stichprobe nicht gewährleistet werden. Es war schwierig, Tf für die Teilnahme zu gewinnen, Gründe dafür waren z.B. die weiten An- und Abreisewege und Urlaubstage. Das Erreichen eines größeren Datensatzes war daher nicht möglich. Es galt im Hinblick auf die statistische Datenauswertung eine Teilnehmerzahl von mindestens 30 Tf zu erreichen, um die Voraussetzung der Normalverteilung erfüllen zu können. Dieses Ziel wurde erreicht. Eine Stichprobe wird dann repräsentativ, wenn alle die zu untersuchenden Variablen beeinflussenden Merkmale in der Stichprobe vergleichsweise wie in der Grundgesamtheit verteilt sind. Darauf wird im Folgenden eingegangen.

#### **Merkmale der Teilnehmer**

Da an den Versuchen ausschließlich als Tf tätige Personen teilnahmen, liegt in Bezug auf diesen Aspekt eine hohe externe Validität vor. Denn die Zielpopulation besteht nur aus Tf. Es bestehen zwar keine exakten Kenntnisse hinsichtlich der Merkmalsverteilungen „Alter“, „Vollzeit-/Teilzeittätigkeit“ und „Verteilung des Geschlechts“ über die gesamte Grundgesamtheit der 32722 in Deutschland tätigen Tf, da über die Struktur der als Tf tätigen Beamten keine Zahlen vorlagen. Die Struktur der 27722 sozialversicherungspflichtigen Schienenfahrzeugführer soll für die folgenden Betrachtungen die Grundlage darstellen. Die Altersverteilung der Stichprobe entsprach nicht exakt der Verteilung in der



Grundgesamtheit, dennoch wurden die Relationen der einzelnen Altersgruppen recht realistisch abgebildet (siehe Bild 43).



**Bild 43: Vergleich der Altersstruktur der Grundgesamtheit mit der Stichprobe**

Des Weiteren arbeiteten 13 % der Versuchsteilnehmer nebenbei als Tf. Die übrigen Versuchsteilnehmer waren hauptberuflich als Tf tätig, woraus allerdings nicht hervorgeht, wie viele Stunden sie wöchentlich arbeiteten oder ob sie in Teilzeit- oder in Vollzeit tätig waren. Wenn nun angenommen wird, dass alle hauptberuflich tätigen Tf auch in Vollzeit tätig waren (was sich anhand der geführten Gespräche vor Ort vermutet lässt), spiegelt die Verteilung dieses Merkmals in der Stichprobe die Realität gut wider, da sich auch hier eine starke Überrepräsentativität der in Vollzeit tätigen Tf und der mehr als 36 Stunden tätigen Tf beobachten lässt.

Der Frauenanteil in der Grundgesamtheit beträgt 3,6 %. Am Experiment nahmen jedoch nur männliche Personen teil. Dies ist aus Sicht der Autorin gerechtfertigt, da es sich nur um einen sehr kleinen Prozentsatz handelt. Schlussendlich hätte es sogar dazu kommen können, dass die Teilnahme von nur einer weiblichen Versuchsperson die Ergebnisse beeinflusst hätte (da dann keine Gleichverteilung auf die Gruppen möglich gewesen wäre).

Trotz der Anwendung des Schneeballverfahrens entsprechen die Merkmale in der Stichprobe annähernd denen der Grundgesamtheit. Unter der Berücksichtigung, dass bei Experimenten die Zufallsauswahl einer ausreichend großen Stichprobe kaum umsetzbar ist, kommt die Autorin zusammenfassend zu der Aussage, dass die Ergebnisse der Untersuchung bezüglich der Merkmale der Teilnehmer repräsentativ sind und sich auf die Grundgesamtheit übertragen lassen.

### Einstellung der Teilnehmer

Da die Teilnahme am Experiment freiwillig war, ist es denkbar, dass besonders an dem Thema oder sich für ihren Beruf interessierende Tf daran teilnahmen und eine gewisse Verzerrung der Ergebnisse durch sehr motivierte Teilnehmer stattfand. Dieser Aspekt lässt sich bei Experimenten auf freiwilliger

Basis nicht verhindern. Mittels Frage 7 konnte zumindest kein statistischer Unterschied bezüglich der Einstellung der Teilnehmer zum Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis zwischen den Gruppen nachgewiesen werden. Das heißt, dass zumindest die Inferenzpopulation hinsichtlich dieses Aspektes homogen war.

### **Übertragbarkeit der Ergebnisse auf anzeigeführte Züge**

Bei der Versuchsstrecke handelte es sich um eine mit PZB ausgerüstete Strecke, der Zug fuhr signalgeführt. Bereits im Kapitel 2.5.6 wurde argumentiert, dass Streckenkenntnis für anzeigeführte Züge aufgrund der kontinuierlichen Führung und Überwachung der Zugfahrt und wegen der geringeren Anzahl an Besonderheiten auf der Strecke unbedeutender als für signalgeführte Züge sei. Dass die Ergebnisse sich auch auf anzeigeführte Züge übertragen lassen, ist zu vermuten. Allerdings ist anzunehmen, dass die Effekte weniger stark ausgeprägt sind.

### **Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Güterzüge**

Im Experiment wurde nur mit einem (relativ kurzen) Reisezug gefahren. Die Ergebnisse sind nicht zwangsläufig auch auf längere und insbesondere schwerere Güterzüge zu übertragen. Gerade im Hinblick auf die Fahrzeiten oder auch dem ESF könnten sich beim Fahren mit einem Güterzug andere Erkenntnisse bzw. Effekte ergeben und Streckenkenntnis könnte stärker zu Tage treten, da sich z.B. Steigungen anders auf die Fahrdynamik schwererer Güterzüge auswirken. Wenn diese zu stark abgebremst werden, dauert es länger, bis die gewünschte Geschwindigkeit wieder erreicht wird. Dies könnte zu größeren Fahrzeitverlusten führen als bei Reisezügen.

### **Übertragbarkeit der Ergebnisse auf längere Strecken**

Es handelte sich um eine sehr kurze Versuchsstrecke, denn gemäß des Fahrplans war eine Fahrzeit von insgesamt nur 16 Minuten vorgesehen. Es ist zu berücksichtigen, dass eine Übertragung der Ergebnisse auf eine längere Strecke nur bedingt möglich ist. Es kann sein, dass sich eventuelle Unterschiede hinsichtlich der Fahrzeit bei einer längeren Strecke im Verhältnis mehr relativieren, wenn es dort nicht zu viele Besonderheiten gibt und es zumindest hinsichtlich dieses Aspekts kaum noch zu Unterschieden kommt. Oder im Umkehrschluss: Wenn es viele Besonderheiten, wie z.B. längere Streckenabschnitte mit Neigungen gibt, kann sich ein größerer Einfluss auf die Fahrzeit ergeben. Dennoch ist zu beachten, dass auf der kurzen Strecke trotzdem streckenkenntnisrelevante Aspekte berücksichtigt werden konnten, die u.a. die Fahrzeit beeinflussten (z.B. Bereich der Steigung). Weiterhin kann es sein, dass bei einer längeren Strecke doch ein Unterschied hinsichtlich der Methoden zum Streckenkenntniserwerb entstehen kann: Eine Filmaufnahme über mehrere Stunden anzuschauen, kann ermüdender als eine reale Mitfahrt sein und es kann u.U. nicht so viel von der Strecke verinnerlicht werden wie bei einer Mitfahrt.

#### **5.4.2.4 Statistische Validität**

Die Anwendung der speziellen statistischen Verfahren muss entsprechend gerechtfertigt sein. Die Voraussetzungen wie Skalenniveau, Varianzhomogenität etc. wurden geprüft, von einer Normalverteilung wurde aufgrund der Stichprobengröße von  $N > 30$  ausgegangen. Insgesamt ist zusammenzufassen, dass die Gruppengrößen von jeweils ca. 10 Teilnehmern sehr klein waren, aber die Anwen-

dung der parametrischen Verfahren bei metrisch skalierten Variablen durch gleichgroße Gruppengrößen gerechtfertigt wird.

### 5.4.3 Fazit der Diskussion und Ausblick auf weitere Untersuchungen

Nachdem die Ergebnisse interpretiert und kritisch gewürdigt wurden, werden im vorliegenden Kapitel die Überlegungen in einem Fazit zusammengeführt und ein Ausblick gegeben. Als Fazit der Untersuchung werden die eingangs hergeleiteten Fragen beantwortet. Es werden zum einen weiterführende Untersuchungsmöglichkeiten zum Thema „Streckenkenntnis“ aufgezeigt. Zum anderen werden Hinweise gegeben, die bei zukünftigen Untersuchungen am Fahrsimulator zu berücksichtigen sind.

#### 5.4.3.1 Beantwortung der Fragen

Die im Kapitel 5.1.1 aufgeführten Fragen sind im Folgenden wiederholend aufgeführt und beantwortet. Die Beantwortung der Fragen 1 und 2 erfolgt zusammen.

- 1. Kann gezeigt werden, dass ein CBT genauso gut zum Streckenkenntniserwerb geeignet ist wie eine Mitfahrt im Führerstand bei einem streckenerfahrenen Tf bzw. das selbständige Fahren der Strecke in Begleitung einer streckenkundigen Person?**
- 2. Ist der Erwerb der eingeschränkten Streckenkenntnis für das sichere, pünktliche, wirtschaftliche Fahren sowie das persönliche Wohlbefinden ausreichend und auf das Anschauen der Strecke im Vorfeld könnte sogar verzichtet werden?**

Anhand der Bewertung der Pünktlichkeit und des persönlichen Wohlbefindens scheint ein CBT genauso gut wie eine Mitfahrt im Führerstand bei einem streckenerfahrenen Tf bzw. das selbständige Fahren der Strecke in Begleitung einer streckenkundigen Personen zum Streckenkenntniserwerb geeignet zu sein. Der Erwerb der eingeschränkten Streckenkenntnis scheint bei einem Teil der Tf nicht ausreichend zu sein und auf das Anschauen der Strecke im Vorfeld sollte in Bezug auf die Pünktlichkeit und das persönlichen Wohlbefinden nicht verzichtet werden. Anhand der Sicherheit kann keine endgültige Bewertung erfolgen. Es gibt aber Tendenzen dahingehend, dass das Fahren mit Streckenkenntnis sicherer ist als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis bei voller Streckengeschwindigkeit. Weiterhin wird ersichtlich, dass der Streckenkenntniserwerb zunächst keinen Einfluss auf das ESF zu haben scheint. Vielmehr ist der Energieverbrauch von der Berufserfahrung des Tf abhängig.

#### **3. Wird ein CBT akzeptiert und wie sollte es gestaltet sein?**

Hinsichtlich der Akzeptanz eines CBT gab es keine einheitliche Meinung: Genauso viele Tf sprachen sich dafür und dagegen aus. Gestaltungshinweise für ein computerbearbeitetes Video konnten jedoch gesammelt werden. Dazu sei auf die Ausführungen im Kapitel 5.3.2.4 verwiesen. Diese können einen Eindruck darüber vermitteln, welche Aspekte den Tf am wichtigsten sind und wie diese dargestellt werden sollten.

#### 5.4.3.2 Vertiefende Untersuchungen zum Thema „Streckenkenntnis“

Mit der durchgeführten Untersuchung war es möglich – insbesondere anhand der Pünktlichkeit, Wirtschaftlichkeit und des Gefühls des persönlichen Wohlbefindens – die Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs zu beurteilen. Das Wichtigste beim Befahren einer Strecke ist immer die Si-

cherheit. Hinsichtlich der Beurteilung anhand der Sicherheit hatte die Untersuchung jedoch ihre Grenzen. Zwar wurde versucht, durch die AV 1 und 2 die Sicherheit zu bewerten. Da jedoch nicht abschließend bekannt ist, welche Aspekte genau während einer Fahrt sicherheitsrelevant sind, sollte dahingehend eine Analyse durchgeführt werden und die Aspekte experimentell untersucht werden. In die experimentelle Untersuchung sollten ebenfalls Betrachtungen bezüglich der Fahrzeit mit einbezogen werden, um die aufgezeigten Tendenzen überprüfen zu können.

Erst dann kann der Vergleich der Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs abgeschlossen werden (die Hypothesen wurden nicht verworfen, konnten aber noch nicht abschließend bestätigt werden).

Zwar sagten die Ergebnisse aus, dass es tendenziell besser ist, eine Strecke mit Streckenkenntnis zu befahren als ohne. Jedoch ist gerade in Anbetracht der bestätigten Hypothesen – bezüglich des Wohlbefindens der Tf und Tendenzen bei der Fahrzeit – abzuwägen, ob sich der zeit- und organisationsintensive Streckenkenntniserwerb für diese Aspekt lohnt. Es wurde durch die Zusatzuntersuchung festgestellt, dass sich die Tf schon während der dritten Fahrt verbessert hatten (weniger Blicke in den Fahrplan, sicherer, pünktlicher, geringere Bremszeiten, besseres Wohlbefinden) und ein Lerneffekt vorlag. Eine weiterführende Untersuchung hinsichtlich des Zusammenhangs des Wissenserwerbs durch Streckenkenntnis und dem Übungseffekt durch mehrmaliges Befahren scheint lohnenswert. Dies ist durch den Vergleich der Daten der ersten Messfahrt der Teilnehmer der Gruppen „Fahren“ und „CBT“ mit den Daten der dritten Messfahrt der Teilnehmer der Gruppe „Eingeschränkt“ möglich (die Daten dazu liegen vor).

Es ist zu beachten, dass bei der Studie exemplarisch nur ein Fahrzeugtyp und eine Zugart (Reisezug) verwendet worden ist. Um die Hypothesen weitergehend zu untersuchen, sind Untersuchungen mit z.B. einem Güterzug denkbar bzw. sinnvoll. Denn dieser Aspekt könnte vor allem Einfluss auf die Bewertung anhand der Fahrzeit haben (denn vermutlich achtet ein im Güterverkehr tätiger Tf weniger auf ein komfortables Fahrverhalten im Sinne der Fahrgäste, was Einfluss auf die Fahrzeit haben kann).

Es gab auf der Strecke neben den ausgewerteten Aspekten weitere, die jedoch nicht genauer untersucht worden sind. Dazu zählt eine BÜ-Anlage mit einer Einschaltkette und zwei zugehörigen BÜ. Kenntnisse darüber sind insbesondere dann bedeutend, wenn der Zug hält bzw. unter 20 km/h fährt. Denn dann ist eine Sicherung des BÜ notwendig. Da dies aber gemäß des Fahrplans nicht vorgesehen war und nur der Regelfall untersucht wurde, wurden für diesen Aspekt keine Daten erhoben. Des Weiteren gab es zwischen den Bf Schlieden und Frellendorf einen Hp Finkner-Werke, an dem gemäß des Fahrplans kein Halt vorgesehen war. In diesem Bereich sind Auswirkungen auf die Fahrzeit oder den Energieverbrauch denkbar, wenn ein Tf wegen des nahenden Bahnsteigs eine Bremsung einleitet, obwohl kein Halt vorgesehen ist. Dieser Aspekt wird indirekt bei der Berechnung der Fahrzeit und der Anzahl der Betätigungen des Bremshebels mit berücksichtigt. Außerdem war unmittelbar hinter dem Hp Forstweg am Vorsignal ein Richtungsvoranzeiger angeordnet, der drei verschiedene Kennzeichen anzeigen konnte. Es wurden bereits im Kapitel 5.4.1.1 Auffälligkeiten unmittelbar vor dem Richtungsvoranzeiger aufgedeckt. Da aber auch hier der Regelfall und somit Regelweg berücksichtigt wurde, erfolgte keine Erhebung weiterer Messdaten. In einer weiterführenden Betrachtung könnte jedoch dieser Aspekt als Einzelfallbetrachtung untersucht werden. Es könnte eine Umleitung erfolgen und die daraus resultierenden Reaktionen, Blick- und Fahrdaten der Teilnehmer der drei Gruppen miteinander verglichen werden. Damit könnten auch sicherheitsrelevante Aspekte betrachtet wer-

den. Dass eine tiefergehende Untersuchung dieses Aspekts notwendig ist, zeigte vor allen Dingen die Tatsache, dass einige Versuchsteilnehmer mit eingeschränkter Streckenkenntnis den Richtungszeiger vermutlich nicht wahrnahmen. Dies geschah, obwohl der Richtungsvoranzeiger und der Richtungsanzeiger allen Teilnehmern mindestens durch die Einsichtnahme in die ÖRil hätte bekannt sein müssen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde nicht untersucht, welche Auswirkungen das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis ohne Geschwindigkeitsrestriktionen in Deutschland hätte. Diese Thematik stellt einen eigenen Aspekt dar, der gesondert zu untersuchen ist. Die vorübergehende Bewertung der Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb lässt vermuten, dass das Fahren mit Streckenkenntnis besser geeignet ist als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis (im Experiment ohne die sonst übliche Geschwindigkeitsbeschränkung von 100 km/h). Wenn sich bei einer Folgeuntersuchung allerdings ergeben sollte, dass die drei Methoden gleich gut geeignet sind, bedeutet dies indirekt, dass die Geschwindigkeitsbeschränkungen aufgehoben werden können (denn es wurde mit eingeschränkter Streckenkenntnis ohne die Beschränkung der Geschwindigkeit gefahren). Falls dies nicht der Fall ist, heißt das im Umkehrschluss aber nicht, dass die Geschwindigkeitsbeschränkungen nicht gelockert werden dürfen. Da die Untersuchung nur die Wirkung der Schulungsmöglichkeiten betrachtete (z.B. ergibt sich durch die Erhebung des „Gefühls der Vorbereitung“ keine Aussage darüber mit welcher Geschwindigkeiten gefahren werden sollte), sollten die zulässigen Geschwindigkeiten beim Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis separat untersucht werden.

Es wurden Daten im Rahmen des Vorexperiments mit überwiegend Studierenden als Versuchsteilnehmer gesammelt. In der Literatur wird oft diskutiert, inwiefern sich die Ergebnisse von Studierenden als Probanden auf die Population übertragen lassen. Das Vorliegen der Daten von sowohl den Teilnehmern des Vorexperiments ( $N = 16$ ) als auch den Tf ( $N = 31$ ) bietet eine Grundlage, statistische Vergleiche zwischen diesen Teilnehmergruppen vornehmen zu können. So könnte überprüft bzw. die Meinungsbildung dahingehend unterstützt werden, ob empirische Versuche am Fahrsimulator auch mit Studierenden anstatt Tf möglich wären. Falls gezeigt werden kann, dass dies auch mit Studierenden möglich wäre, hätte das den Vorteil, dass deutlich mehr Versuchsteilnehmer gewonnen werden könnten. Denn Studierende sind in Braunschweig bzw. Forschungseinrichtungen vor Ort und hätten keine weiten Anreisewege. Weitere Studien am IfEV oder am Lehrstuhl für Ingenieur- und Verkehrspsychologie zeigen die große Teilnahmebereitschaft der Studierenden an Experimenten.

### **5.4.3.3 Zu berücksichtigende Aspekte bei weiteren Untersuchungen**

Die Ergebnisse der Hypothesenprüfung durch die Simulatorstudie zeigen, dass sich experimentell bestimmte Methoden am Simulator bewerten lassen. Laborexperimente haben dabei durchaus ihren Vorteil, stoßen aber auch an ihre Grenzen. Wie bereits weiter oben gezeigt wurde, sind Störvariablen in Form von externen Umwelteinflüssen im Gegensatz zum Feldversuch beim Laborexperiment kontrollierbar. Nicht nur deswegen empfiehlt die Autorin der vorliegenden Arbeit für diesen Fall das Experiment im Labor. Für die versuchsleitenden Personen wird dadurch auch eine enorme Zeiterparnis erzielt und es sind weniger bürokratische Hürden (wie z. B. Mitfahrgenehmigungen) zu bewältigen.

Weil systematische Fehler und Fehler bei der Datenerfassung zu vermeiden sind, empfiehlt die Autorin folgende Aspekte für nächste Untersuchungen zu berücksichtigen bzw. weist darauf hin, was genau bei der Untersuchung hätte vermieden werden sollen.

Die Teilnehmer der Gruppe mit eingeschränkter Streckenkenntnis wurden nicht gesondert darauf hingewiesen, dass die Strecke mit der höchst zulässigen Streckengeschwindigkeit befahren werden sollte. So kam es dazu, dass 1 Teilnehmer nie schneller als unter Vorliegen der eingeschränkten Streckenkenntnis auf Hauptbahnen erlaubte Geschwindigkeit von 100 km/h fuhr. So war die Fahrzeit nicht mit den Fahrzeiten der anderen Teilnehmer vergleichbar, da nicht die UV allein wirkte. Falls noch einmal ein Versuch mit eingeschränkter Streckenkenntnis durchgeführt wird, sollte im Rahmen der Einverständniserklärung gesondert darauf hingewiesen werden, dass entgegen der sonst üblichen Regelungen schneller als 100 km/h auf der Hauptstrecke gefahren werden darf.

Zusi lieferte nur in 25 Meter-Abständen und spätestens alle 5 Sekunden bzw. an allen aufzeichnungsrelevanten Punkten Daten. Im Bereich psychologischer Experimente ist es jedoch durchaus üblich Daten mit einer Taktfrequenz von z.B. 60 Hz aufzuzeichnen, damit sich alle 16 ms eine Messwertreihe der Fahrdaten ergibt. Für den normalen Gebrauch ist diese exakte Bereitstellung der Daten durch Zusi nicht notwendig. Es wäre jedoch im Vorhinein möglich gewesen beim Fahrtenschreiber eine kleinere Aufzeichnungsfrequenz einzustellen. Dies erfolgte nicht. Das hatte zur Folge, dass die Daten von Zusi beim durchgeführten Versuch nicht exakt genug waren. Sie wurden aber – soweit möglich – mit den Dikablis-Daten zur Zeiterfassung abgeglichen. Die Abweichung der Zusi- von den Dikablis-Daten waren während der gesamten Fahrt nie größer als 6 bis 10 Sekunden und bei den einzelnen streckenkenntnisrelevanten Bereichen stets kleiner als 1 Sekunde. Dies wird nicht als problematisch erachtet, die Ergebnisse waren davon unbeeinflusst. Dennoch wird für zukünftige Untersuchungen empfohlen, die Einstellungen des Fahrtenschreibers im Vorhinein anzupassen, um eine exakte Datenerfassung zu ermöglichen.

Da die vier Bereiche „Tunnel“, „Ausfahrt Frellendorf“, „Steigung“ und „Hp Forstweg“ gesondert betrachtet wurden, wurden sie im System Dikablis als sogenannte „Tasks“ deklariert. Das heißt, dass in diesen Bereichen die Blickaufzeichnungen gesondert bzw. zusätzlich erfolgten. Für zukünftige Untersuchungen wird empfohlen, die Tasks automatisch zu setzen, indem der Fahrsimulator über eine Schnittstelle die Tasks an Dikablis sendet. Dieses Vorgehen vereinfacht die Durchführung während der Aufzeichnung der Blicke im Experiment und vermeidet manuelle Messfehler.

### 5.5 Zusammenfassung

Im Kapitel 5 wurden zunächst die innerhalb der Simulatorstudie untersuchten Hypothesen hergeleitet. Es wurde vermutet, dass das Fahren mit Streckenkenntnis erfolgreicher ist als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis. Außerdem wurde die Hypothese aufgestellt, dass sich Mitfahrten oder selbständige Fahrten in Begleitung einer streckenkundigen Person genauso gut zum Streckenkenntniserwerb wie ein CBT eignen. Damit sollte eine Bewertung der beiden am häufigsten angewendeten Verfahren zum Streckenkenntniserwerb (Mitfahrten oder Fahrten in Begleitung einer streckenkundigen Person) und der am wenigsten angewendeten Möglichkeit des CBT sowie der eingeschränkten Streckenkenntnis erfolgen. Es sollte deutlich werden, ob ein CBT (bzw. das Anschauen eines computerbearbeiteten Videos) genauso gut zum Streckenkenntniserwerb geeignet ist wie das zeitaufwendige Mitfahren im Führerstand oder das begleitete Fahren. Zudem galt es, nebenbei einen umfangreichen Katalog an Gestaltungshinweisen und von den Endanwendern (Tf) gewünschten Aspekten zu erstellen und die Meinungsbildung näher zu erfassen.

Es konnte gezeigt werden, dass sich die gestellten Fragen experimentell beantworten lassen. Dazu wurden 31 Tf gleichmäßig auf drei Versuchsgruppen aufgeteilt. Die Teilnehmer der ersten Gruppe mit der eingeschränkten Streckenkenntnis befuhren die Versuchsstrecke unmittelbar nach der Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen und ohne Beschränkung der Geschwindigkeit auf 100 km/h. Die Teilnehmer der zweiten Gruppe erhielten Streckenkenntnis, indem sie nach der Einsichtnahme in die betrieblichen Unterlagen einmal einen Tf (in diesem Fall die Versuchsleiterin) im Führerstand begleiteten und anschließend selbständig in Begleitung und unter Erklärungen der Versuchsleiterin die Strecke befuhren. Die Teilnehmer der dritten Gruppe erlangten Streckenkenntnis, nachdem auch sie sich mit den betrieblichen Unterlagen und durch das zweimalige Anschauen eines computerbearbeiteten Videos (Originalaufnahme der Strecke mit zusätzlichen Informationen) mit der Versuchsstrecke bekannt gemacht hatten. Bei der UV handelte es sich somit um diese drei Möglichkeiten die Streckenkenntnis zu erwerben. Zur Überprüfung des Effekts dieser UV und um die Hypothesen zu bewerten, wurden insgesamt neun AV (Blick- und Fahr- sowie subjektive Daten) betrachtet. Diese Messdaten wurden erhoben, um die Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs anhand der Kriterien „Sicherheit“, „Pünktlichkeit“, „Wirtschaftlichkeit“ und „Persönliches Wohlbefinden“ zu bewerten.

Nicht alle der neun Messvariablen bestätigten die Hypothesen, jedoch führten die Ergebnisse der Blickdaten, Tendenzen in der Fahrzeitbetrachtung und die Ergebnisse des persönlichen Wohlbefindens zu einer vorläufigen Beantwortung der Fragestellungen (siehe Kapitel 5.4.3.1). Demnach scheint anhand der Bewertung der Pünktlichkeit und des persönlichen Wohlbefindens ein CBT genauso gut wie eine Mitfahrt im Führerstand bei einem streckenerfahrenen Tf bzw. das selbständige Fahren der Strecke in Begleitung einer streckenkundigen Personen zum Streckenkenntniserwerb geeignet zu sein. Der Erwerb der eingeschränkten Streckenkenntnis scheint bei einem Teil der Tf nicht ausreichend zu sein und auf das Anschauen der Strecke im Vorfeld sollte daher nicht verzichtet werden. Es wird betont, dass anhand der Sicherheit keine endgültige Bewertung erfolgen konnte, es aber Tendenzen dahingehend gab, dass das Fahren mit Streckenkenntnis erfolgreicher ist als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis. Weiterhin wurde ersichtlich, dass der Streckenkenntniserwerb zunächst keinen Einfluss auf das ESF zu haben scheint. Vielmehr scheint der Energieverbrauch von der Berufserfahrung des Tf abhängig zu sein.

Die Zusatzuntersuchung ergab, dass nach mehrmaligem Befahren einer Strecke ein Übungs- bzw. Lerneffekt vorliegt und eine weitergehende Untersuchung dahingehend sinnvoll sei (siehe Kapitel 5.4.3.2).

Genauso viele Tf sprachen sich für wie gegen ein CBT aus. Dennoch wurden Gestaltungshinweise für ein computerbearbeitetes Video gesammelt. Dazu sei auf die Ausführungen im Kapitel 5.3.2.4 verwiesen. Diese können einen Eindruck darüber vermitteln, welche Aspekte den Tf am wichtigsten sind und wie diese dargestellt werden sollten.

Nach der kritischen Würdigung und der Beantwortung der Fragestellungen, wurden abschließend der Bedarf verschiedener, das Thema „Streckenkenntnis“ vertiefender Untersuchungen aufgezeigt und Empfehlungen aus den gewonnenen Erkenntnissen für die zukünftigen Untersuchungen abgeleitet, was den Kapiteln 5.4.3.2 und 5.4.3.3 zu entnehmen ist.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit der Untersuchung und Beurteilung verschiedener Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs in Deutschland. Zu Beginn der Arbeit wurde anhand einer Betrachtung der heutigen Praxis (national wie international) und den damit verbundenen Problemen die Notwendigkeit der Untersuchung dargestellt, inwieweit moderne Medien genutzt werden können, Streckenkenntnis einfacher und flexibler, aber mit gleichem Ergebnis zu vermitteln. Da kaum Literatur zum Streckenkenntniserwerb vorlag, wurden eine Onlinebefragung und eine darauf aufbauende Simulatorstudie am Fahrsimulator des virtuellen Eisenbahnbetriebslabors des Instituts für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung (IfEV) der TU Braunschweig durchgeführt. Sowohl bei den Befragten als auch den Teilnehmern des Experiments handelte es sich um als Tf tätige Personen.

Zur Untersuchung der Thematik wurden eingangs folgende Fragestellungen hergeleitet:

1. Ist der Einsatz moderner Medien zum Streckenkenntniserwerb genauso geeignet wie traditionelle Methoden (wie z.B. die Mitfahrt)?
2. Ist eingeschränkte Streckenkenntnis (d.h. das Befahren einer Strecke nur nach Einsicht in betriebliche Unterlagen) zum Befahren einer Strecke ausreichend?

Die Beantwortung der Fragen erfolgte anhand der in der Arbeit entwickelten Kriterien „Sicherheit“, „Pünktlichkeit“, „Wirtschaftlichkeit“ und „Persönliches Wohlbefinden“.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden zusätzlich folgende Aspekte untersucht, um Empfehlungen geben zu können:

- Untersuchung der Angemessenheit der Länge des Zeitraums zum Erhalt der Streckenkenntnis
- Überprüfung und Anpassung der streckenkenntnisrelevanten Aspekte der Anlage 1 der VDV-Schrift 755
- Identifikation der mit einem CBT zu vermittelnden Informationen und Gestaltungshinweise.

### 6.1 Beantwortung der Fragestellungen

Die Auswertung der Blickdaten, der Tendenzen in der Fahrzeitbetrachtung und der Aussagen zum persönlichen Wohlbefinden legt nahe, dass die beiden am häufigsten angewendeten Verfahren zum Streckenkenntniserwerb (die traditionellen Methoden „Mitfahrt“ und „selbständiges Fahren in Begleitung einer streckenkundigen Person“) und das am wenigsten angewendete Verfahren (CBT als modernes Medium) gleich gut zum Erwerb von Streckenkenntnis geeignet sind.

Aufgrund der Tendenzen bei der Betrachtung der Pünktlichkeit und der Aussagen zum persönlichen Wohlbefinden kann geschlussfolgert werden, dass es besser ist, eine Strecke unter Vorhandensein von Streckenkenntnis als mit eingeschränkter Streckenkenntnis zu befahren.

Das Kriterium „Sicherheit“ konnte nicht abschließend beurteilt werden, da nicht alle sicherheitsrelevanten Aspekte bekannt sind. Es ließ sich aber basierend auf dem heutigen Wissensstand eine Tendenz dahingehend nachweisen, dass das Fahren mit Streckenkenntnis sicherer ist als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis bei voller Streckengeschwindigkeit.



Die genauen Ergebnisse können Kapitel 5.3 unter Berücksichtigung der Diskussion im Kapitel 5.4 entnommen werden.

## 6.2 Weitere Ergebnisse

Mittels der durchgeführten Untersuchungen konnten Erkenntnisse gewonnen werden, aus denen folgende Empfehlungen abgeleitet werden.

### **Empfehlungen für Streckenkenntnis-Richtlinie (VDV-Schrift 755)**

Die Streckenkenntnis-Richtlinie hat sich in den letzten Jahren bewährt und ist aufgrund der durch die vorliegende Arbeit gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse nicht wesentlich zu ändern.

In der VDV-Schrift 755 ist aufgeführt, dass durch die reduzierte erlaubte Geschwindigkeit beim Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis die gleiche Sicherheit wie beim Fahren mit Streckenkenntnis erreicht werden soll. Da die Ergebnisse der Simulatorstudie weiterhin vermuten lassen, dass das Fahren mit Streckenkenntnis sicherer ist als das Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis bei voller Streckengeschwindigkeit, ist an diesem Grundsatz festzuhalten.

Der experimentelle Vergleich der „traditionellen“ mit den „modernen“ Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb zeigt, dass diese vermutlich gleich gut geeignet sind. Daher sollte – gemäß der VDV-Schrift 755 – das Eisenbahnunternehmen weiterhin selbst festlegen dürfen, welche der zur Auswahl stehenden Methoden zum Streckenkenntniserwerb eingesetzt wird. Falls sich das CBT in den nächsten Jahren weiter entwickeln sollte und mehr als z.B. einen bearbeiteten Film mit Hinweisen auf Signale darstellt, sollte die Methode „CBT“ als ergänzender Punkt im Abschnitt 3 der VDV-Schrift 755 zum Streckenkenntniserwerb aufgenommen werden.

Die im vierten Abschnitt der VDV-Schrift 755 dargestellten Zeiträume zum Erlöschen der Streckenkenntnis hielten die befragten Tf im Großen und Ganzen für angemessen. Ein konkreter Handlungsbedarf wird nicht gesehen.

In der Anlage 1 der VDV-Schrift 755 ist vermerkt ist, dass die Arbeitshilfe noch nicht abgeschlossen ist. Um die Liste zu ergänzen oder auch, um sie in bestimmten Teilaspekten zu kürzen, sei auf die Ausführungen zur Fragestellung 5 im Kapitel 4.4.1.2 verwiesen. Die dort aufgeführten (bzw. auf die dort verwiesenen) und beurteilten Teilaspekte kann der VDV zum Anlass nehmen, die Anlage 1 der VDV-Schrift 755 zu überarbeiten oder die Aspekte zu diskutieren. Grundsätzlich wurde deutlich, dass viele Tf „Bahnhofskenntnis“ als wichtig erachten. Daher ist zu überlegen, ob und inwieweit sich Streckenkenntnis von Bahnhofskenntnis trennen lässt.

### **Gestaltungsempfehlungen für ein CBT und zu vermittelnde Informationen**

Durch das im Rahmen des Experiments geführte Interview konnte keine einheitliche Meinung der Tf zu CBT festgestellt werden. Die Ergebnisse der Onlinebefragung zeigten jedoch deutlich, dass die befragten Tf klassische Streckenkenntnisschulungen in Form von realen Fahrten präferieren. Dieser Aspekt sollte durch das Eisenbahnunternehmen berücksichtigt und durch entsprechende Maßnahmen begleitet werden, wenn CBT im verstärkten Maße verwendet werden sollen.

Es konnte aufgezeigt werden, dass heutzutage computerbasierte Streckenkenntnisschulungen auch unter dem Gesichtspunkt der Aufwandsminimierung (und somit einhergehend mit Vorteilen im ad-

ministrativen Bereich) eine attraktive Möglichkeit zum Streckenkenntniserwerb darstellen. Auch kann eine Vielzahl der im Kapitel 4.3.2.3 von den Tf benannten möglichen Nachteilen der virtuellen Verfahren durch ein entsprechend gestaltetes CBT kompensiert werden. Das „fehlende Gefühl“ für die Strecke (z.B. für die Topografie oder Bremswege) bleibt aber weiterhin bestehen.

Für Unternehmen, die sich für Streckenkenntnisschulungen mittels CBT entscheiden, konnten wertvolle Hinweise für die Gestaltung gewonnen werden. Hierbei scheint es vor allem wichtig zu sein, dass ein Tf auswählen kann, welche Informationen er angezeigt bekommt. Somit kann neben der Darstellung der sicherheitsrelevanten und für das EVU wichtigen Aspekte auch auf die individuellen Wünsche eines Tf eingegangen werden. Weiterhin konnte durch die Beantwortung der Frage 18 des Interviews im Rahmen des Experiments eine Vielzahl an Gestaltungsempfehlungen für die Videos und die zu berücksichtigenden Aspekte gewonnen werden. Es stellte sich dabei heraus, dass insbesondere das Hinterlegen von gesprochenen Informationen wichtig sei. Einige Teilnehmer empfanden auch eine Kombination aus textuellen und sprachlichen Informationen mit Animationen als sinnvoll. Ebenso sollten die Streckenabbildungen originalgetreu sein. Weitere Gestaltungsempfehlungen sind dem Anhang 18 zu entnehmen.

Eine Vielzahl an zu berücksichtigender streckenkenntnisrelevanter Informationen wurde neben dem Experiment (Interview Frage 18) auch durch die Onlinebefragung (Fragen 8 und 9) erfasst. Diese sollten ebenfalls in der Anlage 1 der VDV-Schrift 755 sowie bei dem Projekt GPSInfradat oder dem Merkblatt-Film-Verfahren berücksichtigt werden. Folgende in einem CBT darzustellende Aspekte wurden im Rahmen des Experiments benannt (weitere sind dem Anhang 18 zu entnehmen):

- Kenntnisse über Bahnhöfe (wie z.B. Ansprechpartner)
- Neigungen und Möglichkeiten der Geschwindigkeitshaltung
- Informationen aus den Angaben für das Streckenbuch
- weitere Besonderheiten (wie z.B. abweichende Signalstandorte)

### **6.3 Empfehlungen für weitere Forschungen**

Durch die Simulatorstudie wurde gezeigt, dass sich die Möglichkeiten zum Streckenkenntniserwerb experimentell vergleichen und bewerten lassen. Zukünftige Untersuchungen sollten sich an dem Vorgehen der vorliegenden Arbeit unter Berücksichtigung des dritten Kapitels orientieren sowie die kritischen Würdigungen der Kapitel zur Onlinebefragung und zum Experiment berücksichtigen. Es wurden z.B. zu berücksichtigende Aspekte für die Durchführung von zukünftigen Experimenten herausgearbeitet (die genaueren Ausführungen und Erläuterungen dazu sind dem Kapitel 5.4.3.3 zu entnehmen).

Im Folgenden werden die Themenbereiche zusammengefasst und erläutert, in welchen zukünftig vertiefend geforscht werden sollte. Für Details sei auf Kapitel 5.4.3.2 verwiesen.

Um die experimentelle Bewertung der Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs abzuschließen, ist eine detaillierte Auseinandersetzung mit dem Aspekt „Sicherheit“ notwendig. Es ist zu untersuchen, welche Aspekte genau bei einer Fahrt sicherheitsrelevant sind. Diese sollten anschließend experimentell bewertet werden. Es wird dabei das Einbeziehen des Kriteriums „Pünktlichkeit“ in die Experimente empfohlen.

Die Befahrung der Versuchsstrecke erfolgte in der Simulatorstudie mit einem Reisezug. Um die Hypothesen weitergehend zu untersuchen, sind Untersuchungen mit z.B. einem Güterzug sinnvoll, denn dieser Aspekt könnte Einfluss auf u.a. die Fahrzeit haben, da durch die hohe Masse der Güterzüge und das veränderte Bremsvermögen die Bedeutung der Streckenkenntnis vermutlich steigt. Auch spielt aufgrund nicht vorhandener Fahrgäste der Aspekt „Fahrkomfort“ eine untergeordnete Rolle und die minutengenaue Einhaltung des Fahrplans ist für Güterzüge i.d.R. nicht relevant.

Der aufgezeigte Lerneffekt beim mehrmaligen Befahren einer Strecke ohne offiziellen Erwerb der Streckenkenntnis macht deutlich, dass eine weiterführende Untersuchung hinsichtlich des Zusammenhangs des Wissenserwerb durch Streckenkenntnis und dem Übungseffekt durch mehrmaliges Befahren lohnenswert ist. Dazu können als erster Ansatz die ersten Messfahrten der Teilnehmer mit Streckenkenntnis mit den dritten Messfahrten der Teilnehmer mit nur eingeschränkter Streckenkenntnis verglichen werden.

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich nicht mit der Bedeutung von Streckenkenntnis generell. Es wurde jedoch aufgezeigt, dass die Relevanz von Streckenkenntnis u.a. aufgrund der technischen Ausstattung der Strecken bereits minimiert wurde. Um die Rolle der Streckenkenntnis weiter zu minimieren, sollte untersucht werden, was in Deutschland für einen reibungslosen Fahrtverlauf weiter optimiert werden sollte (z.B. Angaben im Fahrplan). Auch hierfür gilt es zunächst, in einer Analyse alle streckenkunde- und sicherheitsrelevanten Aspekte aufzuzeigen und zu bewerten.

Außerdem wird empfohlen, zu untersuchen, ob die Geschwindigkeitsbeschränkungen beim Fahren mit eingeschränkter Streckenkenntnis tatsächlich minimiert oder sogar aufgehoben werden können. Dieser Aspekt lag nicht im Fokus der vorliegenden Arbeit.

Durch statistische Vergleiche vorliegender Daten von den Tf (aus dem Experiment) und von den Studierenden (aus dem Pretest) könnte überprüft bzw. die Meinungsbildung dahingehend unterstützt werden, ob empirische Versuche am Fahrsimulator auch mit Studierenden anstatt Tf möglich sind. Wenn dies der Fall ist, könnten zukünftige Studien auf Studierende als Probanden zurückgreifen. Dies erschwert ggf. die Vorbereitung des Experimentes, ermöglicht aber die Requirierung von deutlich mehr Studienteilnehmern.

## Literaturverzeichnis

### **Arendholz (2016)**

Arendholz, Frank: E-Mail am 30.01.2016. Teamleiter-Triebfahrzeugführer, DB Regio AG / Region Nordost / PS Berlin, 2016

### **Atteslander (2010)**

Atteslander, Peter: Methoden der empirischen Sozialforschung. 13. Aufl. Berlin : Erich Schmidt Verlag, 2010

### **Bahnkonzept (2012):**

Bahnkonzept: Kurzanleitung – GPSinfradat-Betrachter. Dresden, 2012

### **Bahnkonzept (o. J.)**

Bahnkonzept: Unsere Leistungen für Sie.

<http://www.bahnkonzept.de/Leistungen.html>, Stand: o.J.; Tag des Abrufes: 01.06.2016

### **Bepperling (2010)**

Bepperling, Sonja-Lara: Eine generische Risikobeurteilung für den Zugleitbetrieb. In: SIGNAL+DRAHT hrsg. von Eurailpress (2010) Heft 3, S. 19–23

### **Bortz/Döring (2016)**

Bortz, Jürgen ; Döring, Nicola: Forschungsmethoden und Evaluation. 5., neu bearb., aktualisierte und erweiterte Aufl. Berlin ; Heidelberg : Springer-Verlag, 2016

### **Bortz/Schuster (2010)**

Bortz, Jürgen ; Schuster, Christof: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2010

### **Bundesagentur für Arbeit, 2016.**

Bundesagentur für Arbeit: BERUFENET : Berufsinformationen einfach finden: Schienenfahrzeugführer/in.

[https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/faces/index;BERUFENETJSESSIONID=dQCX223dDxpNUw1-xVA9QxDOPkWn\\_AZetCESiWwOZtV4EyZXf27r!-1966267300?path=null/suchergebnisse/kurzbeschreibung&dkz=7106&such=schienenfahrzeugf%C3%BChrer](https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/faces/index;BERUFENETJSESSIONID=dQCX223dDxpNUw1-xVA9QxDOPkWn_AZetCESiWwOZtV4EyZXf27r!-1966267300?path=null/suchergebnisse/kurzbeschreibung&dkz=7106&such=schienenfahrzeugf%C3%BChrer). Stand: 15.03.2016; Tag des Abrufes: 16.03.2016

### **Bundesamt für Güterverkehr (2015)**

Bundesamt für Güterverkehr: Marktbeobachtung Güterverkehr : Auswertung der Arbeitsbedingungen in Güterverkehr und Logistik 1015-I - Fahrerberufe.

[https://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Marktbeobachtung/Sonderberichte/SB\\_5D\\_%202015\\_Fahrerberufe.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Marktbeobachtung/Sonderberichte/SB_5D_%202015_Fahrerberufe.pdf?__blob=publicationFile). Stand: 08/2015; Tag des Abrufes: 16.03.2016

**DB AG (2012)**

Deutsche Bahn AG: DB Schenker Rail rüstet Lokführer mit Tablet-Computern aus.

[http://presseservice.pressrelations.de/standard/result\\_main.cfm?r=515339&aktion=jour\\_p\\_m](http://presseservice.pressrelations.de/standard/result_main.cfm?r=515339&aktion=jour_p_m). Stand: 26.11.2012; Tag des Abrufes: 01.06.2016

**DB Netz AG (2015)**

DB Netz AG: Streckenprospekt Neubaustrecke Erfurt – Leipzig/Halle.

[http://fahrweg.dbnetze.com/file/fahrweg-de/2394134/9Pz20C66xS\\_Pxtk1lcEk8XzeTvE/9837564/data/2015\\_33\\_Streckenprospekt.pdf](http://fahrweg.dbnetze.com/file/fahrweg-de/2394134/9Pz20C66xS_Pxtk1lcEk8XzeTvE/9837564/data/2015_33_Streckenprospekt.pdf).

Stand: 13.12.2015; Tag des Abrufes: 31.05.2016

**DB Netz AG (2016)**

DB Netz AG: VDE 8.2 - Betrieblichen Unterlagen zum Streckenkenntniserwerb.

[http://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de/medien/2015\\_33\\_streckenprospekt\\_vde.html](http://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de/medien/2015_33_streckenprospekt_vde.html).

Stand: ; Tag des Abufes: 01.06.2016

**de Bruijn/van der Weide (2012)**

de Bruijn, David ; van der Weide, Richard: Van Wegbekendheid naar Routebevoegdheid : Bericht 3364. Version 1.0. hrsg. von SAGB ; INTERGO Utrecht, 2012

**Diekmann (2014)**

Diekmann, Andreas: Empirische Sozialforschung : Grundlagen Methoden Anwendungen. 9. Aufl. Reinbek bei Hamburg : Rowohlt Taschenbuch Verlag, 2014

**EBA (2016a)**

Eisenbahn-Bundesamt: Das Eisenbahn-Bundesamt.

[http://www.eba.bund.de/DE/SubNavi/EBA/Function/TeaserBox/01\\_TeaserBox\\_Willkommen.html](http://www.eba.bund.de/DE/SubNavi/EBA/Function/TeaserBox/01_TeaserBox_Willkommen.html). Stand der Seite: 2016; Tag des Abrufes: 26.05.2016

**EBA (2016b)**

Eisenbahn-Bundesamt: Streckenkenntnis.

[http://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/FahrzeugeBetrieb/Bahnbetrieb/Zug\\_u\\_Rangierfahrten/Streckenkenntnis/streckenkenntnis\\_node.html](http://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/FahrzeugeBetrieb/Bahnbetrieb/Zug_u_Rangierfahrten/Streckenkenntnis/streckenkenntnis_node.html). Stand der Seite: 2016; Tag des Abrufes:

26.05.2016

**EBA (2016c)**

Eisenbahn-Bundesamt: Triebfahrzeugführerscheinstelle.

[http://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/FahrzeugeBetrieb/Bahnbetrieb/Tfz\\_Fuehrerscheinstelle/Fuehrerscheinstelle\\_node.html](http://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/FahrzeugeBetrieb/Bahnbetrieb/Tfz_Fuehrerscheinstelle/Fuehrerscheinstelle_node.html). Stand der Seite: 2016; Tag des Abrufes: 26.05.2016

**EBA (2016d)**

Eisenbahn-Bundesamt: Internationales und Europa.

[http://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/Internationales/internationales\\_node.html](http://www.eba.bund.de/DE/HauptNavi/Internationales/internationales_node.html). Stand der Seite: 2016; Tag des Abrufes: 04 06 2016

**ERA (2016)**

European Union Railway Agency: Accompanying Report to "Advice ERA/ADV/2014-17 of the European Railway Agency for European Commission regarding Revision of the Train Drivers Directive". 2016

**Ergoneers GmbH (2013)**

Ergoneers GmbH: D-LAB Benutzerhandbuch. Stand: 12/2013; gültig ab Version 3.0

**EUB (2011)**

Eisenbahnunfall-Untersuchungsstelle des Bundes: Eisenbahn-Unfalluntersuchung : Jahresbericht 2011.

[http://www.eba.bund.de/SharedDocs/Publikationen/EUB/DE/Jahresberichte/Jahresbericht\\_2011.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.eba.bund.de/SharedDocs/Publikationen/EUB/DE/Jahresberichte/Jahresbericht_2011.pdf?__blob=publicationFile&v=3). Stand: 2011; Tag des Abrufes: 01.06.2016

**Faulbaum et al. (2009)**

Faulbaum, Frank ; Prüfer, Peter ; Rexroth, Margrit: Die systematische Evaluation der Fragenqualität. 1. Aufl. Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2009

**GDL (o. J.)**

Gewerkschaft Deutscher Lokomotivführer: GDL : Wir über uns.

<http://www.gdl.de/UeberUns/Startseite>. Stand: o. J.; Tag des Abrufes: 28.06.2016

**Hegger et al. (2008)**

Hegger, Andreas ; Marks-Fährmann, Ulrich ; Restetzki, Klaus: Grundwissen Bahn. 4. Aufl. : Verlag Europa-Lehrmittel, 2008

**Huber (2009)**

Huber, Oswald: Das psychologische Experiment : Eine Einführung. 5., überarbeitete Aufl. Bern: Verlag Hans Huber, 2009

**Joinson (1999)**

Joinson, Adam: Social Desirability, Anonymity and Internet-based questionnaires. In: Behavior Research Methods : Instruments and Computers hrsg. von Springer US (September 1999) Volume 31 Issue 3, S. 433-438

**Kallus (2010)**

Kallus, K. Wolfgang: Erstellung von Fragebogen. 1. Aufl. Wien : Facultas Verlags- und Buchhandels AG, 2010

**Klammer (2005)**

Klammer, Bernd: Empirische Sozialforschung : Einführung für Kommunikationswissenschaftler und Journalisten. Konstanz : UVK Verlagsgesellschaft mbH, 2005

**Kotler et al. (2007)**

Kotler, Philip ; Keller, Kevin Lane ; Bliemel, Friedhelm: Marketing Management - Strategien für wertschaffendes Handeln. 12. Aufl. München : Hrsg. Pearson Studium, 2007

**Kromrey (2009)**

Kromrey, Helmut: Empirische Sozialforschung. 12. Aufl. Stuttgart : Lucius & Lucius Verlagsgesellschaft mbH, 2009

**Kuß (2012)**

Kuß, Alfred: Marktforschung : Grundlagen der Datenerhebung und Datenanalyse. 4., überarbeitete Aufl. Wiesbaden : Springer Gabler, 2012

**Maschek (2013)**

Maschek, Ulrich: Eisenbahnsicherungstechnik. In: Handbuch Eisenbahninfrastruktur hrsg. von Fendrich, Lothar ; Fengler, Wolfgang. Berlin Heidelberg : Springer Vieweg (2013), 2. Aufl., S. 495–552

**Mayer (2013)**

Mayer, Horst Otto: Interview und Schriftliche Befragung : Grundlagen und Methoden empirischer Sozialforschung. 6., überarbeitete Aufl. München : Oldenbourg Verlag, 2013.

**Pachl (2003)**

Pachl, Jörn: Anforderungen zur Stärkung des europäischen Eisenbahnverkehrs aus technisch-betrieblicher Sicht. In: EI - Der Eisenbahningenieur hrsg. von Eurailpress (2003) Heft 6, S. 5–13

**Peisker (2015)**

Peisker, Martin: Untersuchung der Anpassungsmöglichkeiten der Streckenkenntnis unter Berücksichtigung moderner Leit- und Mediensysteme. FH Erfurt und der FH St. Pölten, Master Thesis, 2015

**Rasch et al. (2014a)**

Rasch, Björn ; Frieze, Malte ; Hofmann, Wilhelm ; Naumann, Ewald: Quantitative Methoden 1 : Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler. 4., überarbeitete Aufl. Berlin ; Heidelberg : Springer-Verlag, 2014

**Rasch et al. (2014b)**

Rasch, Björn ; Frieze, Malte ; Hofmann, Wilhelm ; Naumann, Ewald : Quantitative Methoden 2 : Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler. 4., überarbeitete Aufl. Berlin ; Heidelberg : Springer-Verlag, 2014

**Rasch et al. (2014c)**

Rasch, Björn ; Frieze, Malte ; Hofmann, Wilhelm ; Naumann, Ewald: SPSS-Ergänzungen zu Kapitel 3: Der t-Test.

[http://www.lehrbuch-psychologie.de/sites/default/files/atoms/files/rasch\\_a4\\_978-3-662-43523-6\\_kapitel\\_3\\_spss\\_ergaenzungen.pdf](http://www.lehrbuch-psychologie.de/sites/default/files/atoms/files/rasch_a4_978-3-662-43523-6_kapitel_3_spss_ergaenzungen.pdf). Stand: 02.10.2014; Tag des Abrufes: 19.01.2016

**Rasch et al. (2014d)**

Rasch, Björn ; Frieze, Malte ; Hofmann, Wilhelm ; Naumann, Ewald: SPSS-Ergänzungen zu Kapitel 9: Verfahren für Nominaldaten.

[http://www.lehrbuch-psychologie.de/sites/default/files/atoms/files/rasch\\_a4\\_978-3-662-43547-2\\_kapitel\\_9\\_spss\\_ergaenzungen.pdf](http://www.lehrbuch-psychologie.de/sites/default/files/atoms/files/rasch_a4_978-3-662-43547-2_kapitel_9_spss_ergaenzungen.pdf). Stand: 02.10.2014; Tag des Abrufes: 16.01.2016

**Regierung der Bundesrepublik Deutschland (2008)**

Regierung der Bundesrepublik Deutschland: Mitteilung der Regierung der Bundesrepublik Deutschland an die Kommission der Europäischen Gemeinschaften vom 25.01.2008.

[http://www.eba.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/NationaleSiVo/10\\_NSR\\_Uebersicht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.eba.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/NationaleSiVo/10_NSR_Uebersicht.pdf?__blob=publicationFile&v=2). Tag des Abrufes: 16. 02.2015

**Reiß/Sarris (2012)**

Reiß, Siegbert ; Sarris, Viktor: Experimentelle Psychologie : Von der Theorie zur Praxis. München: Pearson Deutschland GmbH, 2012

**Schnell et al. (2013)**

Schnell, Rainer ; Hill, Paul B. ; Esser, Elke: Methoden der empirischen Sozialforschung. 10., überarbeitete Aufl. München : Oldenbourg Verlag. 2013

**Schumann (2006)**

Schumann, Siegfried: Repräsentative Umfrage : Praxisorientierte Einführung in empirische Methoden und statistische Analyseverfahren. In: Lehr- und Handbücher der Politikwissenschaft hrsg. von Mohr, Arno : München Wien : Oldenbourg Verlag (2006), 4., überarbeitete und erweiterte Aufl.

**Sedlmeier/Renkewitz (2013)**

Sedlmeier, Peter ; Renkewitz, Frank: Forschungsmethoden und Statistik : Ein Lehrbuch für Psychologen und Sozialwissenschaftler. hrsg. von Pearson Studium München (2013), 2. Aufl.

**Statista GmbH (2016a)**

Statista GmbH: Anzahl der beschäftigten Schienenfahrzeugführer in Deutschland von 2012 bis 2014.

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/153933/umfrage/beschaefigtetenzahl-der-schienenfahrzeugfuehrer-in-deutschland/>. Stand: 2016; Tag des Abrufes: 16.03.2016

**Statista GmbH (2016b)**

Statista GmbH: Altersstruktur der Schienenfahrzeugführer in Deutschland im Jahr 2014.

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/203009/umfrage/altersstruktur-der-schienenfahrzeugfuehrer-in-deutschland/>. Stand: 2016; Tag des Abrufes: 16.03.2016



**Statista GmbH (2016c)**

Statista GmbH: Höhe des Frauenanteils bei den Schienenfahrzeugführern in Deutschland in den Jahren 2012 bis 2014.

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/203005/umfrage/hoehe-des-frauenanteils-bei-den-schienenfahrzeugfuehrern-in-deutschland/>. Stand: 2016; Tag des Abrufes: 16.03.2016

**traindriver.org (o.J.)**

o.V.: How to become a train driver.

<http://www.traindriver.org/training.html>. Stand: o.J.; Tag des Abrufes: 06.06.2016

**VDV (2016)**

VDV – Die Verkehrsunternehmen. Rundschreiben Nr. 17/2016 : VDV-Schrift 755 „Streckenkenntnis-Richtlinie“. Köln, 14.09.2016

**Verstappen (2015)**

Verstappen, Vera J.M.P: Driving Performance of Dutch Train Drivers : Assessing the impact of the presence of a second person in the cabin. In: The Fifth International Rail Human Factors Conference vom 14. bis 17. September 2015 in London.

[https://rhf2015.exordo.com/files/papers/31/final\\_draft/031.pdf](https://rhf2015.exordo.com/files/papers/31/final_draft/031.pdf). Tag des Abrufes: 16.06.2016

**Vollrath (2015)**

Vollrath, Mark: Statistische Methoden. In: Automobilergonomie hrsg. von Bubb, Heiner ; Bengler, Klaus ; Grünen, Rainer E. ; <http://link.springer.com/search?facet-creator=%22Mark+Vollrath%22> Vollrath, Mark. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden (2015), S. 663–684

**von Kirschhofer-Bozenhardt/Kaplitza (1982)**

von Kirschhofer-Bozenhardt, Andreas ; Kaplitza, Gabriele: Der Fragebogen. In: Die Befragung 1 hrsg. von Holm, Kurt : München : Francke Verlag (1982), S. 92–126

**Walther (2016a)**

Walther, Götz: E-Mail-Antwort vom 14.11.2016. Fachbereichsleiter Eisenbahnbetrieb, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV), Berlin

**Walther (2016b)**

Walther, Götz: E-Mail-Antwort vom 14.11.2016 und anschließendes Gespräch am 27.06.2016. Fachbereichsleiter Eisenbahnbetrieb, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV), Berlin

**Welker et al. (2005)**

Welker, Martin ; Werner, Andreas ; Scholz, Joachim: Online-Research : Markt- und Sozialforschung mit dem Internet. 1. Aufl. Heidelberg : dpunkt.verlag, 2005

## Verzeichnis verwendeter Gesetze, Verordnungen und Vorschriften

Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) in der Fassung vom 29.08.2016;

[http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/aeg\\_1994/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/aeg_1994/gesamt.pdf). Tag des Abrufes:  
20.11.2016

Dienstvorschrift V3 12/2015 : Betriebsvorschrift

Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) in der Fassung vom 10.10.2016;

<http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/ebo/gesamt.pdf>. Tag des Abrufes:  
20.11.2016

Rail Safety and Standard Board RIS-3702-TOM : Rail Industry Standard for Management of Route Knowledge for Drivers, Train Managers, Guards and Driver Managers : Issue 2: December 2014;

<http://www.rssb.co.uk/rgs/standards/ris-3702-tom%20iss%202.pdf>. Tag des Abrufes:  
03.06.2016

Richtlinie für den Erwerb, den Erhalt und die Überwachung der Streckenkenntnis auf Schienenwegen öffentlicher Betreiber der Schienenwege 08/2016 : „Streckenkenntnis-Richtlinie“ (VDV-Schrift 755)

Richtlinie 2004/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29.04.2004 : „Richtlinie über die Eisenbahnsicherheit“;

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:220:0016:0039:de:PDF>. Tag des Abrufes: 25.05.2016

Richtlinie 2007/59/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2007 : über die Zertifizierung von Triebfahrzeugführern, die Lokomotiven und Züge im Eisenbahnsystem in der Gemeinschaft führen;

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0059&from=DE>. Tag des Abrufes: 26.05.2016

Richtlinie 301 12/2015. Signalbuch

Richtlinie 408.11 - 16 12/2015. Fahrdienstvorschrift : Bahnbetrieb;

[https://fahrweg.dbnetze.com/file/fahrweg-de/2397828/xZelxgTz12o4t4WP3c3PTpVqdRA/8344078/data/rw\\_408.11-16.pdf](https://fahrweg.dbnetze.com/file/fahrweg-de/2397828/xZelxgTz12o4t4WP3c3PTpVqdRA/8344078/data/rw_408.11-16.pdf). Tag des Abrufes: 20.05.2016

Richtlinie 408.21 - 27 12/2015. Fahrdienstvorschrift : Bahnbetrieb;

[http://fahrweg.dbnetze.com/file/fahrweg-de/2397820/AdUYoB8AguRXzbtKIBhQHHEOPs/8333034/data/rw\\_408.21-27\\_neuherausgabe.pdf](http://fahrweg.dbnetze.com/file/fahrweg-de/2397820/AdUYoB8AguRXzbtKIBhQHHEOPs/8333034/data/rw_408.21-27_neuherausgabe.pdf). Tag des Abrufes: 20.05.2015

Richtlinie 408.31 - 37 12/2015. Fahrdienstvorschrift : Bahnbetrieb;

[http://fahrweg.dbnetze.com/file/fahrweg-de/2397820/RAYmDbPzmdnAbQshod30YZ\\_msoE/8338776/data/rw\\_408.31-37\\_neuherausgabe.pdf](http://fahrweg.dbnetze.com/file/fahrweg-de/2397820/RAYmDbPzmdnAbQshod30YZ_msoE/8338776/data/rw_408.31-37_neuherausgabe.pdf). Tag des Abrufes: 20.05.2015

Richtlinie 492.0755 12/2005. Triebfahrzeuge führen : Streckenkenntnis-Richtlinie

Schweizerische Fahrdienstvorschriften R 300.1-.15 07/2015

Triebfahrzeugführerscheinverordnung (TfV) in der Fassung vom 01.01.2016;

[http://www.eba.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/GesetzeundRegelwerk/Bundesrecht/11\\_tfv.pdf;jsessionid=A2015D6F7429FE4130B02F4ADD4D14F3.live1043?\\_blob=publicationFile&v=7](http://www.eba.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/GesetzeundRegelwerk/Bundesrecht/11_tfv.pdf;jsessionid=A2015D6F7429FE4130B02F4ADD4D14F3.live1043?_blob=publicationFile&v=7). Tag des Abrufes: 24.05.2016

Verordnung (EG) NR. 881/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29.04.2004 : zur Errichtung einer Europäischen Eisenbahnagentur („Agenturverordnung“);

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0881&from=DE>. Tag des Abrufes: 25.05.2016

Zusatzbestimmungen zur Signal- und Betriebsvorschrift (ZSB) 12/2015

## **Verzeichnis befragter Personen**

Hölscher, Carsten

Entwickler der Simulation Zusi (und Inhaber der Firma)

May, Jörg

EBA-Gutachter für Schienenfahrzeuge und Triebfahrzeugführer

Walther, Götz

Fachbereichsleiter Eisenbahnbetrieb, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV), Berlin

## Anhang

Anhang 1: Fragebogen der Onlinebefragung .....	231
Anhang 2: Im Fragebogen nicht aufgeführte Teilaspekte der Anlage 1 der VDV-Schrift 755.....	238
Anhang 3: Anschreiben .....	239
Anhang 4: Weitere Argumente für und gegen die einzelnen Erwerbsmöglichkeiten (Frage 3) .....	240
Anhang 5: Weitere mögliche Ursachen für das Fahren mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis (Frage 5).....	241
Anhang 6: Teilaspekte für Bahnhofskennntnis (Frage 9 des Fragebogens) .....	242
Anhang 7: Weitere zusätzliche Teilaspekte für Streckenkenntnis (Frage 9 des Fragebogens).....	243
Anhang 8: Einladungstext der E-Mail zum Experiment.....	244
Anhang 9: Erste und zweite Seite des Fahrplans .....	245
Anhang 10: Hinweise der streckenkundigen Person während der Mitfahrt und der selbständigen Fahrt .....	246
Anhang 11: Beginn und Ende Aufzeichnung der Tasks in Dikablis.....	248
Anhang 12: Einverständniserklärung: Gruppe „Eingeschränkte Streckenkenntnis“ .....	249
Anhang 13: Interview .....	251
Anhang 14: Beurteilung streckenkenntnisrelevanter Aspekte der Versuchsstrecke.....	256
Anhang 15: Begründung der Benennung der streckenkenntnisrelevanten Aspekte der Versuchsstrecke .....	257
Anhang 16: Begründung der Nichtbenennung der streckenkenntnisrelevanten Aspekte der Versuchsstrecke .....	259
Anhang 17: Vor- und Nachteile eines computerbearbeiteten Videos.....	260
Anhang 18: Gestaltungsempfehlungen zu einem computerbearbeiteten Video .....	262

## Anhang 1: Fragebogen der Onlinebefragung

### Die Bedeutung von Streckenkenntnis aus Triebfahrzeugführersicht

#### Herzlich Willkommen zur Umfrage "Die Bedeutung von Streckenkenntnis aus Triebfahrzeugführersicht"

Vielen Dank, dass Sie sich dazu entschieden haben, an meiner Umfrage zum Thema „Die Bedeutung von Streckenkenntnis aus Sicht eines Triebfahrzeugführers“ teilzunehmen. Alle Ihre Daten werden vertraulich und anonym behandelt und dienen rein dem Zweck der wissenschaftlichen Forschung im Rahmen meiner Doktorarbeit am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung der TU Braunschweig.

An dieser Stelle folgen nun ein paar Hinweise zur Beantwortung des Fragebogens:

Die Beantwortung der Fragen wird insgesamt 12 Minuten Ihrer Zeit in Anspruch nehmen. Sie werden dabei gebeten 17 Fragen zu beantworten.

Die Umfrage ist in zwei Bereiche unterteilt: Teilbereich 1 beinhaltet Fragen zum Thema Streckenkenntnis. Im Teilbereich 2 werden Angaben zu Ihrer Person abgefragt. Diese Informationen werden nur für statistische Zwecke benötigt, um bestimmte Merkmale und Meinungen den jeweiligen Gruppen der Triebfahrzeugführer zuordnen zu können.

Bei jeder Frage werden Hinweise zur Beantwortung gegeben. Es besteht immer die Möglichkeit „keine Angabe“ auszuwählen. Außerdem können Sie jederzeit in der Umfrage vor- und zurückblättern.

Mit freundlichen Grüßen

Anne Lorenz  
anne.lorenz@tu-bs.de

#### Teil 1: Bedeutung von Streckenkenntnis

##### 1. Wie erwerben Sie in der Regel die Streckenkenntnis bei einer neuen Strecke?

Hinweis: Sie finden nun sieben Arten von Möglichkeiten Streckenkenntnis zu erwerben. Bitte kreuzen Sie für jede Möglichkeit an, wie häufig Sie diese nutzen. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie diese Möglichkeit nie nutzen, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie diese Möglichkeit immer nutzen. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstimmen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	nie	selten	ab und zu	oft	immer	Keine Angabe
Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person (Lotse)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mitfahren im Führerraum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Studium von Filmaufnahmen mit originalgetreuer Streckenabbildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Computerbasiertes Training (originalgetreue Streckenabbildung mit Hinweisen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simulatorfahrt mit originalgetreuer Streckenabbildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begehen der Infrastruktur (z.B. Anschlussbahn)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einsichtnahme in betriebliche Unterlagen (z.B. Örtliche Richtlinien)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. **Wie bewerten Sie die unterschiedlichen Erwerbsmöglichkeiten hinsichtlich der Streckenkenntnis einer neuen Strecke?**

Hinweis: Sie finden nun sieben Arten von Möglichkeiten Streckenkenntnis zu erwerben. Bitte kreuzen Sie für jede Möglichkeit an, wie geeignet Sie diese finden. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie diese Möglichkeit ungeeignet finden, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass sie diese Möglichkeit geeignet finden. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Eignung abstufen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	ungeeignet	eher ungeeignet	weder ungeeignet noch geeignet	eher geeignet	geeignet	Keine Angabe
Fahrt in Begleitung einer streckenkundigen Person (Lotse)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mitfahren im Führerraum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Studium von Filmaufnahmen mit originalgetreuer Streckenabbildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Computerbasiertes Training(originalgetreue Streckenabbildung mit Hinweisen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simulatorfahrt mit originalgetreuer Streckenabbildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Begehen der Infrastruktur (z.B. Anschlussbahn)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einsichtnahme in betriebliche Unterlagen (z.B. Örtliche Richtlinien)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. **Sie müssen auf einer neuen Strecke fahren. Welche Variante bevorzugen Sie zum Erwerb der Streckenkenntnis und warum?**

Diese Frage bietet Ihnen die Möglichkeit selbst Vorschläge zu machen oder Anregungen zu geben (Mehrfachnennungen sind möglich).

**Teil 1: Bedeutung von Streckenkenntnis****4. Wie schätzen Sie die Häufigkeit folgender Situation in Deutschland ein? Triebfahrzeugführer fahren mit...**

Hinweis: Sie finden nun zwei aufgeführte Situationen. Bitte kreuzen Sie für jede Situation an, wie häufig diese aus Ihrer Sicht auftritt. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass diese Situation nie auftritt, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass sie diese Situation immer auftritt. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstimmen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	nie	selten	ab und zu	oft	immer	Keine Angabe
...eingeschränkter Streckenkenntnis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
...ohne Streckenkenntnis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**5. Aus welchem Grund kommt es aus Ihrer Sicht zu dem Fall, dass Triebfahrzeugführer mit eingeschränkter beziehungsweise ohne Streckenkenntnis fahren?**

Hinweis: Mehrfachnennungen sind möglich

☐ aus zeitlichem Grund

☐ aus wirtschaftlichem Grund

☐ aus organisatorischem Grund

☐ keine Angabe

☐ Sonstiges

**Teil 1: Bedeutung von Streckenkenntnis****6. Gemäß der VDV-Schrift 755 erlischt die Streckenkenntnis einer bereits selbständig befahrenden Strecke bei nicht einfachen Betriebsverhältnissen innerhalb von 12 Monaten, wenn diese nicht selbständig befahren worden ist. Halten Sie diesen Zeitraum für angemessen?**

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

☐ ja, ok

☐ nein, man sollte länger fahren dürfen

☐ nein, man sollte nicht so lang fahren dürfen

☐ keine Angabe

**7. Gemäß der VDV-Schrift 755 erlischt die Streckenkenntnis einer bereits selbständig befahrenden Strecke bei einfachen Betriebsverhältnissen innerhalb von 24 Monaten, wenn diese nicht selbständig befahren worden ist. Halten Sie diesen Zeitraum für angemessen?**

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

☐ ja, ok

☐ nein, man sollte länger fahren dürfen

☐ nein, man sollte nicht so lang fahren dürfen

☐ keine Angabe

**Teil 1: Bedeutung von Streckenkenntnis****8. Wie wichtig ist Ihnen Streckenkenntnis bezogen auf folgende Teilaspekte?**

Hinweis: Sie finden nun 14 Teilaspekte, die gem. der VDV-Schrift 755 beim Streckenerkenntniserwerb eine Rolle spielen können. Bitte kreuzen Sie für jeden Teilaspekt an, wie wichtig oder unwichtig Ihnen Streckenkenntnis für diesen Teilaspekt ist. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie für diesen Teilaspekt Streckenkenntnis unwichtig finden, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie für diesen Teilaspekt Streckenkenntnis wichtig finden. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Wichtigkeit abstimmen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	unwichtig	eher unwichtig	weder unwichtig noch wichtig	eher wichtig	wichtig	Keine Angabe
Standorte und Bauarten der Signale (Zuordnung zum Gleis, abweichende Standorte, Erkennbarkeit)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Verkürzte Vorsignalabstände	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ende des anschließenden Weichenbereichs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Richtungsanzeiger (Zs 2)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Topografische Verhältnisse der Strecke (z.B. energiesparende Fahrweise, Neigungen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Umleiten unter erleichterten Bedingungen (ehemals „Streckenwechsel“)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Streckengeschwindigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Information über Zugfunk (Umstellung auf GSM-R beachten; Kurzwahl FdI)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Information über Ortsfunk (Umstellung auf GSM-R beachten; Kurzwahl FdI)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Besonderheiten der Betriebsstellen (z.B. ortsfeste Zp 9, örtl. Aufsichten, Zugschlussmeldung)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gewöhnlicher Halteplatz des Zuges (Haltepunkte, Bahnhöfe)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Geschwindigkeitswechsel ohne Signalisierung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nicht technisch gesicherte Bahnübergänge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Heizverbote, Schutz- und / oder „Bügel-ab“-Strecken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**9. In der vorhergehenden Frage wurden Punkte genannt, die in der VDV-Schrift 755 aufgeführt sind. Gibt es Ergänzungen Ihrerseits zu zusätzlichen Punkten, die für Sie wichtig hinsichtlich der Streckenkenntnis sind? Wenn ja, welche?**

Diese Frage bietet Ihnen die Möglichkeit selbst Vorschläge zu machen oder Anregungen zu geben (Mehrfachnennungen sind möglich).



**Teil 1: Bedeutung von Streckenkenntnis****10. Wie wichtig ist Ihnen Streckenkenntnis in folgenden Bereichen?**

Hinweis: Sie finden nun fünf Arten von Bereichen. Bitte kreuzen Sie für jeden Bereich an, wie wichtig oder unwichtig Ihnen Streckenkenntnis für diesen Bereich ist. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie für diesen Bereich Streckenkenntnis unwichtig finden, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie für diesen Bereich Streckenkenntnis wichtig finden. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Wichtigkeit abstimmen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	unwichtig	eher unwichtig	weder unwichtig noch wichtig	eher wichtig	wichtig	keine Angabe
Güterverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personenfernverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personennahverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonderverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rangierbetrieb (Bahnhofskenntnis)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**11. Wie wichtig ist Ihnen Streckenkenntnis auf folgenden Strecken?**

Hinweis: Sie finden nun drei Arten von Strecken. Bitte kreuzen Sie für jede Strecke an, wie wichtig oder unwichtig Ihnen Streckenkenntnis für diese Streckenart ist. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie für diese Strecke Streckenkenntnis unwichtig finden, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie für diese Strecke Streckenkenntnis wichtig finden. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Wichtigkeit abstimmen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	unwichtig	eher unwichtig	weder unwichtig noch wichtig	eher wichtig	wichtig	Keine Angabe
Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz gehören	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hauptbahnen, die nicht zum Fern- und Ballungsnetz gehören	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nebenbahnen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Nun am Schluss noch einige Angaben zu Ihrer Person

Sie haben den ersten Teil dieser Umfrage bereits beantwortet und somit den größten Teil geschafft! Vielen Dank.

Die nachfolgenden Fragen dienen zur Erfassung der Angaben zu Ihrer Person. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass diese Informationen nur für statistische Zwecke benötigt werden. Beantworten Sie die Fragen nach bestem Wissen, es gibt dabei keine "richtige" oder "falsche" Antworten.

### Teil 2: Fragen zur Person

#### 12. Welche Strecken fahren Sie häufiger? \*

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

☐ bereits selbständig befahrene Strecken (d.h. Ihnen bekannte Strecken)

☐ teils, teils

☐ noch nie selbständig befahrene Strecken (d.h. neue Strecken)

#### 13. Wie viele Stunden fahren Sie durchschnittlich im Jahr? \*

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

Diese Frage dient der groben Einteilung um z.B. erfassen zu können, ob es sich um eine Neben- oder hauptberufliche Tätigkeit handelt.

☐ bis zu 150 Stunden

☐ bis zu 500 Stunden

☐ bis zu 2000 Stunden

☐ keine Angabe

#### 14. Wie lange sind Sie schon als Triebfahrzeugführer tätig? \*

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

☐ unter 1 Jahr

☐ zwischen 1 und unter 5 Jahren

☐ zwischen 5 und unter 10 Jahren

☐ 10 Jahre oder mehr

☐ keine Angabe

#### 15. Wie häufig fahren Sie in folgenden Bereichen? \*

Hinweis: Sie finden nun fünf Arten von Bereichen. Bitte kreuzen Sie für jeden Bereich an, wie häufig Sie diesen befahren. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie diesen Bereich nie befahren, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass sie diesen Bereich immer befahren. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstimmen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	nie	selten	ab und zu	oft	immer	keine Angabe
Güterverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personenfernverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personennahverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sonderverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rangierbetrieb (Bahnhofskenntnis)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. **Wie häufig fahren Sie auf folgenden Strecken? \***

Hinweis: Sie finden nun drei Arten von Strecken. Bitte kreuzen Sie für jede Strecke an, wie häufig Sie diese befahren. Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie diese Strecke nie befahren, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass sie diese Strecke immer befahren. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstufen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	nie	selten	ab und zu	oft	immer	keine Angabe
Hauptbahnen, die zum Fern- und Ballungsnetz gehören	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hauptbahnen, die nicht zum Fern- und Ballungsnetz gehören	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nebenbahnen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. **Sie haben abschließend die Möglichkeit, Ihre Emailadresse anzugeben. Damit erlauben Sie mir, für eventuelle Rückfragen bei weiter auftretenden Fragen zur Verfügung zu stehen bzw. Sie erhalten die Möglichkeit, nach Ende und Auswertung der Umfrage das Ergebnis zu erhalten.**

Hinweis: Wenn Sie entweder nur für Rückfragen zur Verfügung stehen oder ausschließlich die Umfrageergebnisse erhalten wollen, geben Sie dies bitte inklusive der Emailadresse mit dem kurzen Text "nur Rückfragen" bzw. "nur Ergebnis" mit an.

» **Umleitung auf Schlussseite von Umfrage Online**

**Anhang 2: Im Fragebogen nicht aufgeführte Teilaspekte der Anlage 1 der VDV-Schrift 755**

In der folgenden Tabelle sind die Teilaspekte aufgeführt, die im Fragebogen mittels Frage 8 nicht berücksichtigt wurden. Es wird betont, dass die nicht berücksichtigten Aspekte zwar ebenfalls relevant sind, aber aus Sicht der Autorin nicht zu den wesentlichsten zählten und im Sinne der Minimierung des Umfangs der Matrixfrage nicht dargestellt wurden. In der folgenden Tabelle sind darüber hinaus die Argumente für das Nichtberücksichtigen aufgeführt.

Nicht berücksichtigte Teilaspekte	Begründung
Wechsel der Betriebsverfahren	Spezialfall: Niemals unvorbereitet auf NE-Strecke
Wechsel der Signalbauformen	Im Fragebogen zusammengefasst mit dem Aspekt „Standorte der Signale“ zu „Standorte und Bauarten der Signale“
Zugbeeinflussung	Ist überall vorgeschrieben
Mindestbrems Hundertstel	Im Buchfahrplan enthalten
Zulässige Länge der Züge auf Betriebsstellen	Aufgabenbereich des FdI und nicht des Tf
Befahren des Gegengleises	Verfahren im Buchfahrplan enthalten
Betriebsstellendichte/-größe	Kein eigenständiger Aspekt (z.B. bei Signalstandorten oder Umleiten unter erleichterten Bedingungen berücksichtigt)
Streckenlänge	Fahrzeit ist interessanter (u.U. relevant bei Absprachen hinsichtlich Ablösepunkten (spezieller Fall, aber nicht für die gesamte Strecke)
Infrastrukturangaben (Tunnel, Brücken)	Tunnel sind im Buchfahrplan angegeben; Brücken sind eher als „Marker“ interessant und nur für spezielle Fälle (z.B. kein Anhalten des Personenzuges auf der Brücke)
Nachschieben	Sehr selten: Es gibt nur sehr wenige Strecken in Deutschland, die jeder kennt → gesonderte Nachschiebekunde
Heizverbote	Im Fragebogen zusammengefasst mit dem Aspekt „Schutzstrecken“
Zulässige Geschwindigkeit	Zugeigenschaft, keine Streckenkenntnis
Bremsstellung des Zuges	Zugeigenschaft, keine Streckenkenntnis
Bremseigenschaften des Zuges	Zugeigenschaft, keine Streckenkenntnis
Art des Zuges	Zugeigenschaft, keine Streckenkenntnis
Abschnitte mit Energie-Systemwechsel	Nur sehr selten, nur bei Grenzbetrieb → gesonderte Einweisung
Besonderheiten der planmäßigen Schienenwege vom und zum Zug	Betrifft nicht unmittelbar das Fahren

### **Anhang 3: Anschreiben**

Sehr geehrte Damen und Herren,

mein Name ist Anne Lorenz und im Rahmen meiner Doktorarbeit am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung (IfEV) der TU Braunschweig führe ich eine Online-Umfrage zu meinem Forschungsthema "Die Bedeutung von Streckenkenntnis aus Sicht eines Triebfahrzeugführers" durch. Das Thema ist aktuell und wichtig. Gerade in Bezug auf die Harmonisierung der betrieblichen Regelwerke und der Zunahme der Bedeutung des internationalen Schienenverkehrs ist die Rolle der Streckenkenntnis zu überdenken. Dabei zählt insbesondere auch die Meinung der Triebfahrzeugführer.

Ich möchte Sie bitten, an meiner Befragung teilzunehmen. Diese richtet sich ausschließlich an Triebfahrzeugführer und wird insgesamt 12 Minuten in Anspruch nehmen. Ihre Teilnahme ist sehr wichtig für mich und unterstützt mich bei der Erstellung meiner Doktorarbeit. Außerdem bietet die Umfrage die Möglichkeit, Ihre Sicht zum Thema Streckenkenntnis zu erfassen. Mit Ihrer Hilfe können somit Empfehlungen für den weiteren Umgang mit Streckenkenntnis gegeben werden.

Die Umfrage ist anonym, es ist also nicht möglich, Rückschlüsse auf die Teilnehmenden zu ziehen.

Sie erreichen die Umfrage unter dem folgenden Link:

<https://www.umfrageonline.com/s/a00d63e>

Nutzen Sie zum Start der Umfrage bitte folgendes Passwort:

*StreckeMai*

Die Umfrage ist ab sofort für Sie erreichbar. Bis zum 02. Juni 2015 (23:59 Uhr) haben Sie die Möglichkeit, ihre Antworten einzutragen. Im Anschluss daran besteht für Sie die Möglichkeit, die Umfrageergebnisse zugesendet zu bekommen.

Für Ihre Teilnahme danke ich Ihnen im Voraus ganz herzlich. Für Rückfragen stehe ich Ihnen gerne per Email oder Telefon zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Anne Lorenz

#### **Anhang 4: Weitere Argumente für und gegen die einzelnen Erwerbsmöglichkeiten (Frage 3)**

Im Kapitel 4.3.2.3 wurden die relevantesten bzw. am häufigsten genannten Argumente für und gegen die einzelnen Möglichkeiten des Streckenkenntniserwerbs aufgeführt. An dieser Stelle sollen aufgrund der Vollständigkeit die weiteren Argumente aufgeführt werden.

Folgende Vorteile zum Streckenkenntniserwerb mittels der traditionellen Methoden und somit Argumente gegen die virtuellen Methoden wurden von den befragten Tf zusätzlich benannt:

- Nur so ist sicheres / pünktliches / wirtschaftliches / fehlerfreies Fahren möglich ( $n = 7$ )
- Besseres Kennenlernen der Örtlichkeiten, Verfahrensweise von Bf und Bw (Bahnhofskunde) ( $n = 5$ )
- Rundumblick ( $n = 5$ )
- Durch Mitfahrten bei mehreren Tf können unterschiedliche Informationen gesammelt werden ( $n = 4$ )
- Sozialer Kontakt unter Kollegen ( $n = 2$ )
- Bessere Orientierung und Entfernungseinschätzung ( $n = 2$ )
- Aktualität (z.B. Signale auch mal zugewachsen) ( $n = 2$ )
- Möglichkeit von Fahrten mit unterschiedlichen Verkehrsarten ( $n = 2$ )

Einige Befragte gaben folgende Argumente dafür an, warum das selbständige Fahren besser als die Mitfahrt geeignet sei:

- Besser Entwicklung des "Gefühls" für die Strecke (vor allem Topografie und Bremswege, ESF u. pünktliches Fahren) ( $n = 20$ )
- Größter Lerneffekt durch "Learning-by-doing" (Streckenverhältnisse prägen sich am besten ein) ( $n = 16$ )
- Höhere Konzentration auf die Strecke und dadurch bessere bildliche Erinnerung ( $n = 6$ )
- Möglichkeit des Eingreifens oder Kritikausübung durch den Lotsen ( $n = 4$ )
- Größere Handlungssicherheit bei erster Fahrt unter eigener Verantwortung ( $n = 1$ )
- Am realistischsten, da im Arbeitsalltag auch selbständig gefahren wird ( $n = 1$ )

Gegen das selbständige Fahren und somit für die Mitfahrt sprachen aus Sicht der Tf folgende Aspekte:

- Konzentration auf Bedienung des Fahrzeugtyps beeinträchtigt Konzentration auf besondere Merkmale der Strecke ( $n = 6$ )
- Konzentration auf Signalbeobachtung beeinträchtigt Konzentration auf besondere Merkmale der Strecke ( $n = 1$ )

**Anhang 5: Weitere mögliche Ursachen für das Fahren mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis (Frage 5)**

Im Kapitel 4.3.2.5 wurden die am häufigsten benannten möglichen Gründe für das Fahren mit eingeschränkter oder ohne Streckenkenntnis aufgeführt. Darüber hinaus sind folgende denkbare Ursachen angegeben worden (In Klammern ist jeweils die Anzahl der Befragten aufgeführt, die diesen Grund benannten.):

- EVU möchte so viel wie möglich an Leistungen haben ( $n = 4$ )
- Dienststelle teilt zu selten die Leistung ein oder Fehlplanung der Schichten ( $n = 4$ )
- Bequemlichkeit (z.B. kein Warten auf Lotsen wegen Feierabend) ( $n = 4$ )
- Güterverkehr ( $n = 4$ )
- Personalmangel ( $n = 4$ )
- Missbrauch der Ausnahmeregel zum Regelverfahren bei einigen EVU ( $n = 3$ )
- Notfallsituation ( $n = 3$ )
- Deutschlandweit fahrende Tf (umfassende Streckenkenntnis nicht möglich) ( $n = 3$ )

Folgende mögliche Gründe wurden von maximal 2 Tf genannt:

- Strecke wird nur von Güterzügen oder zu selten befahren
- Einmalige Fahrt
- Nur im Ausnahmefall einer betriebliche Anordnung mit höchstens 100 km/h (gem. Regelwerk)
- Wird als nicht notwendig angesehen
- Einfache Verhältnisse / ohne Besonderheiten
- Genehmigungserfordernis bei den verkehrenden EVU
- Fehlende Sicherheitskultur in vielen EVU
- Abzweige oder kurze Verbindungsstrecken zu selten befahren
- Fahrt einen Bahnhof weiter
- EVU befährt Strecken ad-hoc
- Wenn in den "Angaben für das Streckenbuch" nicht verboten
- Dringlicher Hilfszug
- Außerplanmäßige Überführungsfahrten
- Spotverkehr
- Leihlokführer

#### **Anhang 6: Teilaspekte für Bahnhofskennntnis (Frage 9 des Fragebogens)**

Bezüglich der Frage 9 des Fragebogens benannten die befragten Tf etliche Teilaspekte für Bahnhofskennntnis als wichtig. Im Folgenden sind diese Aspekte aufgeführt. Dabei wurde eine Sortierung von den am häufigsten zu den am wenigsten benannten Teilaspekten vorgenommen. Die Anzahl der Antworten ist dem jeweiligen Klammersausdruck zu entnehmen:

- Hinweise zu sozialen Aspekten (z.B. Toiletten, Pausenräume, Versorgung) ( $n = 29$ )
- Lage und Weg zum Betriebshof (Abstellplatz, Drehscheibe, Schiebebühne, Betriebsstoffe) ( $n = 28$ )
- Zuständigkeiten und Sitz der örtlichen Ansprechpartner (Fdl/Ww, Disponent, Lokleiter) in Bahnhöfen ( $n = 13$ )
- Fußwege ( $n = 12$ )
- Rangieren (Besonderheiten, Bereiche) ( $n = 11$ )
- Ablösepunkte und -vorgang bei Personalwechsel ( $n = 6$ )
- Gleisbezeichnung / Bezeichnungen Abstellgleise und Gleisgruppen ( $n = 6$ )
- Sichern von Zügen ( $n = 5$ )
- Besondere Betriebsverfahren in Abstellbereichen von Bf ( $n = 4$ )
- Ort für Papiere (z.B. Bremszettel, Wagenliste, Meldungen) ( $n = 3$ )
- Gleise mit/ohne Fahrleitung ( $n = 2$ )
- Fahrmöglichkeiten in großen Bf und Rbf ( $n = 2$ )
- Besonderheiten Wende- und Zugbildungsanlagen ( $n = 2$ )
- Besondere Regelungen zu Betriebsabläufen ( $n = 2$ )
- Code-Nummern für gesicherte Türen ( $n = 1$ )
- Halteplatz in Reinigungsanlage ( $n = 1$ )
- Halte an Bahnsteigen ohne H-Tafel ( $n = 1$ )
- Gleisnutzlänge ( $n = 1$ )
- Einfahrt auf bestimmtes Gleis (wegen Anschluss) ( $n = 1$ )
- Ausstiegsseite Bahnhof/Hp ( $n = 1$ )
- Neigungsverhältnisse in Bf (Abstellen) ( $n = 1$ )
- Betriebsstellen mit analogem Ortsfunk, deren Kanal und Rufart ( $n = 1$ )



#### **Anhang 7: Weitere zusätzliche Teilaspekte für Streckenkenntnis (Frage 9 des Fragebogens)**

Im Kapitel 4.3.2.8 wurden bereits Teilaspekte aufgeführt, die aus Sicht mehrerer befragter Tf wichtig für Streckenkenntnis sind. Folgende Aspekte wurden ein- oder zweimal benannt:

- spezielle, nicht in Vorschriften oder Weisungen enthaltene Bezeichnungen und Besonderheiten ( $n = 2$ )
- Kenntnis der Signalbilder bei Verzweigungen ohne Zs 2 ( $n = 2$ )
- Zu spät schaltende Signale ( $n = 2$ )
- Hinweise zu üblichen Betriebssituationen ( $n = 2$ )
- Sichern und Abstellen von Zügen im Störfall ( $n = 2$ )
- Fahrplanfehler, Geschwindigkeitsänderungen bei bestimmten Buchfahrplanspalten ( $n = 2$ )
- Nebenbahnen ( $n = 1$ )
- Überholmöglichkeiten von Zügen ( $n = 1$ )
- La-Strecken, LÜ-Punkte ( $n = 1$ )
- Schlecht einsehbare Hp (Hinweise auf Bremsenpunktpunkt) ( $n = 1$ )
- Beleuchtungsverhältnisse, speziell bei Zs 3 der KS-Signale ( $n = 1$ )
- NBÜ-Abschnitte und/oder Tunnel ( $n = 1$ )
- Stellen, an das Anfahren mit Güterzügen schwierig oder nicht möglich ist ( $n = 1$ )

An dieser Stelle sollen kurz drei Teilaspekte kommentiert werden: Es wurde Streckenkenntnis für „Nebenbahnen“ im Allgemeinen benannt. Gerade dort sei diese wichtig, auf signaltechnisch ausgerüsteten Strecken ohne Besonderheiten jedoch weniger. Als weiteren Teilaspekt erachteten 2 Tf „spezielle, nicht in Vorschriften oder Weisungen enthaltene Bezeichnungen und Besonderheiten“ als relevant. Dies müsste allerdings noch weiter konkretisiert werden bzw. sind einige inhaltliche Punkte bereits über die in der Anlage 1 der VDV-Schrift 755 aufgeführten und hier benannten neuen Teilaspekte enthalten. Auch waren 2 Befragte der Meinung, dass „Fahrplanfehler, Geschwindigkeitsänderungen bei bestimmten Buchfahrplanspalten“ wichtig beim Streckenkenntniserwerb sei. Dieser Aspekt ist zwar im Allgemeinen relevant, jedoch sollten technische Fehler, z.B. beim EBUa, nicht durch Streckenkenntnis abgefangen, sondern prinzipiell behoben werden.

#### **Anhang 8: Einladungstext der E-Mail zum Experiment**

Sehr geehrter Umfrage-Teilnehmer,

zunächst möchte ich mich bei Ihnen recht herzlich dafür bedanken, dass Sie sich die Zeit genommen haben, an meiner Umfrage teilzunehmen. Damit haben Sie nicht nur mich bei meiner Doktorarbeit unterstützt, sondern auch die Forschung aktiv mitgestaltet! Ich freue mich Ihnen mitteilen zu können, dass 559 Triebfahrzeugführer an der Umfrage teilgenommen und diese beendet haben.

Ursprünglich hatte ich geplant, die Umfrage am 02. Juni zu beenden. Nachdem bis über die gesamte Laufzeit konstant Tf an der Umfrage teilgenommen hatten, entschied ich mich dazu diese bis Mitte August aktiv zu lassen. Nun endlich kann ich Ihnen die versprochene Rückmeldung geben: Im Anhang meiner Email finden Sie dazu eine vom Umfrageportal automatisch erstellte tabellarische und grafische Übersicht. Diese enthält neben den Häufigkeitsverteilungen auch für die Statistik notwendige Angaben zum arithmetischen Mittel und zur Standardnormalverteilung für alle geschlossenen Fragen. Die Antworten der offenen Fragen (d.h. bei denen Sie Antworten in ihren eigenen Worten geben konnten) sind teilweise sehr privat. Daher werde ich diese nicht veröffentlichen (sie finden lediglich die Anzahl der freiwilligen Angaben zu der Frage).

Weiterhin möchte ich die Gelegenheit nutzen um Sie auf meine Studie aufmerksam zu machen, die ich im Zeitraum vom 28.09. bis 29.10.2015 am Fahrsimulator des Instituts für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung (IfEV) der TU Braunschweig durchführen möchte: Dazu suche ich Triebfahrzeugführer, die in einem zweistündigen Experiment die Forschungsarbeit als Versuchsteilnehmer unterstützen. Das Experiment wird auch vergütet. Weitere Informationen in Verbindung mit der Einladung zu dieser Studie erhalten Sie aber in einer separaten Email. Gern dürfen Sie diese Einladung an Ihre Kollegen weiterleiten!

Für Anmerkungen oder Rückfragen stehe ich Ihnen gerne per Email oder Telefon zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Anne Lorenz

## Anhang 9: Erste und zweite Seite des Fahrplans

Strecke Avsig - Gostenfeld					
RE 33622					
tgl. Tfs 146 382 t 154 m Mbr 128 Mg					
160 km/h					
1	2	3a	3b	4	5
9,1 9,7 16,3	130 100 90	- ZF GSM-R -			
		Avsig ∇, <Avsig ∇>	9,8		
		Schlieden	10,4	11:00	11:01
		Asig	10,5		
		¥, <¥>	10,8		
		Finkner-Werke Hp	11,8		
		Awanst Finkner	12,3		
		Burgtunnel	12,9		
		Esig	13,2		
		Frellendorf	13,8	11:04	11:06
		Asig	14,4		
		<¥>	14,6		
		¥	14,7		
		Bksig	16,5		
		Üst Rampe	16,7		11:09

1	2	3a	3b	4	5
17,3 18,2 20,1 20,7	90 80 140 100 <90> 130 <90>	Üst Rampe	16,7		11:09
		¥	16,8		
		LZB	18,2		
		Esig	19,5		
		Lauendorf	20,1	11:11	11:12
		Asig	20,7		
		¥, <¥>	21,2		
		Sbk 1, <LZB-Bk 101 >	21,9		
		Forstweg Hp	22,1	11:14	11:14
		Bksig, <Bksig>	23,6		
		<¥>	23,8		
		Abzw Wildberg	23,8		11:15
		¥	23,9		
		- P-Bahn -			
		Esig, <Esig>	25,8		
		Gostenfeld	26,6	11:17	
		Asig	26,9		

**Anhang 10: Hinweise der streckenkundigen Person während der Mitfahrt und der selbständigen Fahrt**

km/Ortsangabe	Wortlaut
km 10.4 (Schlieden)	„Sie fahren jetzt aus Schlieden aus.“
km 10.8	„Sie sehen jetzt eine BÜ-Anlage mit einer Einschaltkette. Hierzu gehören zwei Bahnübergänge. Der erste Bahnübergang befindet sich am Bahnsteigende des in ca. 1 km folgenden Haltepunktes Finkner-Werke, an dem Sie jedoch keinen Halt haben.“
km 11.6	„Direkt am Bahnsteigende können Sie den ersten Bahnübergang sehen.“
km 12.0	„Sie sehen das Einfahrersignal von Frellendorf. Direkt dahinter folgt der zweite Bahnübergang.“
km 12.4	„Gleich kommt der Burgtunnel. 200 Meter hinter diesem befindet sich das Einfahrersignal von Frellendorf. Aber vorher werden Sie noch zwei Vorsignalwiederholer sehen, einen direkt vor und einen direkt nach dem Tunnel. Im Burgtunnel liegt mittig der 500 Hz-Magnet.“
km 13.5	„Das ist nun Frellendorf, wo Sie halten müssen. Hier finden Sie keine Haltetafel vor (wie auch bei den anderen Bahnhöfen und Haltepunkten). Bitte halten Sie jeweils am Bahnsteigende.“
Bahnsteig Frellendorf	„Am Ende des Bahnsteigs sehen Sie nun einen Fahrtanzeiger, da das Ausfahrersignal von Frellendorf noch nicht zu sehen ist. Dieses befindet sich ca. 200 Meter hinter der Brücke rechts vom Gleis.“
km 14.4	<p>„Jetzt am Bahnhofsende befahren Sie eine etwas stärkere Steigung, die bis zur Überleitstelle Rampe andauert, d.h. ca. 2 km. Dabei ist zu beachten, dass laut Fahrplan innerhalb dieser 2 km die Geschwindigkeit auf 90 km/h und danach auf 80 km/h zu reduzieren ist. Aufgrund der starken Steigung sollten Sie jedoch nicht Bremsen und die Zugkraft nicht vollständig zurücknehmen, um diese Geschwindigkeiten erreichen bzw. halten zu können.“</p> <p>„Oben rechts im Bild sehen Sie, in welcher Position sich der Fahrtregler befinden sollte. Dort ist zu sehen, dass sich der Fahrtregler nicht im Leerlauf befindet, aber auch nicht die volle Zugkraft beansprucht wird.“</p>
km 16.6	„Hier war die Strecke früher zweigleisig. Die Strecke bis nach Lauendorf ist nun eingleisig. Das zweite Gleis und die zugehörigen Signale sind jedoch noch zu sehen.“
km 17.0	„Ab der Brücke müssen Sie dann 80 km/h fahren.“
km 18.1	„Ab dem LZB-Bereichskennzeichen ist dann eine Geschwindigkeit von 140 km/h erlaubt. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass in ca. 2 Kilometern der Bf Lauendorf folgt. Das heißt, dass Sie nicht mehr auf die Streckenhöchstgeschwindigkeit von 140 km/h beschleunigen.“

Bahnsteig Lauendorf	<p>„Bei dem Signal am Bahnsteigende handelt es sich um einen Vorsignalwiederholer. Das Ausfahrtsignal befindet sich ganz hinten bei den Bäumen rechts vom Gleis.“</p> <p>„Ab dem Ausfahrtsignal von Lauendorf gilt eine Streckenhöchstgeschwindigkeit von 130 km/h für den gesamten restlichen Weg nach Gostenfeld.“</p>
km 20.4	<p>„Nun können Sie das Ausfahrtsignal sehen. Gleich im Blockabstand hinter dem Ausfahrtsignal folgt das Sbk 1 und hinter diesem Blocksignal direkt dann der Haltepunkt Forstweg. Das heißt, dass Sie nicht mehr auf die Streckenhöchstgeschwindigkeit von 130 km/h beschleunigen.“</p>
km 21.6	<p>„Hier sehen Sie das Sbk 1 und unmittelbar dahinter den Bahnsteig des Haltepunktes Forstweg.“</p>
Bahnsteig Forstweg Hp	<p>„Hier sehen Sie jetzt Vorsignalbaken. Am zugehörigen Vorsignal befindet sich ein Zs 2v. Dieses sollte im Regelfall „P“ anzeigen für „P-Bahn“. Weiterhin ist möglich, dass das Zs 2v ein „S“ anzeigt. Das bedeutet, dass dann nach Steinberg gefahren wird. Oder der Fahrweg führt über die „G-Bahn“, dann wird ein „G“ angezeigt. Für die „G-Bahn“ gilt „vereinfachtes Umleiten“. Wird ein „S“ oder ein „G“ angezeigt, gilt eine Abzweiggeschwindigkeit von 60 km/h.“</p>
km 23.5	<p>„Sie sehen jetzt den Abzweig Wildberg. Das rechte Gleis führt nach Steinberg, das mittlere Gleis auf die „G-Bahn“. Die „G-Bahn“ mündet dann gleich wieder auf Ihren Fahrweg ein.“</p> <p>„Es bildet sich ein Gleisdreieck über die Strecke nach Steinberg: Gleich von rechts kommt dann die zweigleisige Strecke aus Steinberg.“</p>

**Anhang 11: Beginn und Ende Aufzeichnung der Tasks in Dikablis**

Da die vier Bereiche „Tunnel“, „Ausfahrt Frellendorf“, „Steigung“ und „Hp Forstweg“ gesondert betrachtet wurden, wurden sie im System Dikablis als sogenannte „Tasks“ deklariert. Das heißt, dass in diesen Bereichen die Blickaufzeichnungen gesondert bzw. zusätzlich erfolgten. In der Tabelle sind die Start- Zielpunkte für die Task-Aufzeichnungen des Dikablis-Systems und die relevanten Punkte der Zusi-Dateien gegenübergestellt.

Task	Start	Ende
Tunnel	Erste Vorsignalbake (Ne 3)	Zweiter Vorsignalwiederholer (nach dem Tunnel)
Ausfahrt Frellendorf	Fahrtanzeiger	Hektometerzeichen für km 14.2 (hinter der Brücke)
Steigung	km 15.3	km 17.3
Hp Forstweg	Hp-Tafel	Bahnsteigkantenanfang

**Anhang 12: Einverständniserklärung: Gruppe „Eingeschränkte Streckenkenntnis“**

## **Einverständniserklärung**

**Bezeichnung des Laborexperiments:** Experimentelle Untersuchung am Fahrsimulator zum Thema „Streckenkenntnis“

**Laborexperiment geleitet von:** Anne Lorenz

**Beschreibung:** Das Experiment untersucht Auswirkungen auf das Fahren einer Strecke hinsichtlich der Art und Weise des Streckenkenntniserwerbs. Dazu werden im Rahmen der Studie im virtuellen Eisenbahnbetriebslabor am Fahrsimulator Blick- und Fahrdaten jedes einzelnen Teilnehmers aufgezeichnet.

**Ablauf:** Zu Beginn der Sitzung werden die Teilnehmer gebeten, eine Eingewöhnungsfahrt am Fahrsimulator vorzunehmen. Diese dient dazu sich mit dem Fahren am Fahrsimulator vertraut zu machen. Nach der Eingewöhnungsfahrt erhalten die Teilnehmer Einsicht in die erforderlichen betrieblichen Unterlagen. Vor dem Experiment werden die Teilnehmer gebeten 2 Fragen zu beantworten. Erst dann erfolgt das eigentliche Experiment, bei dem die Teststrecke dreimal hintereinander befahren wird. Im Anschluss daran werden die Teilnehmer gebeten in einem kurzen Interview die ihnen gestellten Fragen zu beantworten und gegebenenfalls selbst Anmerkungen zu machen. Dieses Interview wird aufgezeichnet um die Dokumentation der Antworten zu erleichtern. Am Ende der Sitzung werden die Teilnehmer bei Bedarf über die genaueren Details der Studie informiert. Dies erfolgt nicht zu Beginn der Sitzung um das Fahr- und Blickverhalten der Teilnehmer nicht zu beeinflussen. Die gesamte Sitzung wird maximal 2 Stunden dauern.

**Risiken:** Die Teilnahme an den Laborexperimenten ist mit keinen Risiken verbunden.

**Nutzen:** Sie leisten durch Ihre Teilnahme an der Studie einen wichtigen Beitrag zur aktuellen Forschung. Mit Ihrer Hilfe können Empfehlungen für den weiteren Umgang mit Streckenkenntnis gegeben werden. Neben Interessanten Einblicken in aktuelle Forschungsbereiche erhalten Sie außerdem eine Vergütung (siehe weiter unten).

**Das Experiment abbrechen:** Die Teilnehmer sind nicht verpflichtet, an dem Experiment teilzunehmen, und können es jederzeit verlassen. Ihre Entscheidung, an dem Experiment nicht teilzunehmen, wird keine Nachteile für sie haben. Ein Teilnehmer kann von dem Experiment ausgeschlossen werden, wenn er während der Sitzung nicht die Anweisungen des Experimentators befolgt. Der Experimentator kann auch entscheiden, die Sitzung wegen Software-Fehler oder aus einem anderen Grund abzubrechen.

**Entgelt:** Wenn sie zur vereinbarten Zeit pünktlich erscheinen und an der kompletten Sitzung teilnehmen, bekommen sie am Ende der Sitzung das Teilnahmeentgelt bar ausbezahlt. Das Teilnahmeentgelt beträgt 25 Euro. Falls der Teilnehmer entscheidet, die Sitzung vorzeitig zu verlassen, verzichtet er damit auf sein komplettes Entgelt. Wenn aus irgendeinem Grund die Sitzung nicht stattfinden

kann, wird trotzdem der feste Betrag von 25 Euro direkt ausbezahlt und es wird eventuell ein anderer Termin für die Sitzung ausgemacht.

**Vertraulichkeit:** Alle Informationen, die sich auf teilnehmende Personen beziehen, werden vertraulich behandelt: Diejenigen Mitarbeiter, die durch den direkten Kontakt mit Ihnen über personenbezogene Daten verfügen, stehen unter Schweigepflicht. Bei der Auswertung und Aufbereitung Ihrer Daten werden die Unterlagen anonymisiert, so dass keine Rückschlüsse auf Sie gezogen werden können. Die Daten werden ausschließlich zu Forschungszwecken verwendet. Eine weitere Vergabe an Dritte erfolgt nicht.

**Freiwilliges Einverständnis:** Die oben aufgeführten Informationen wurden mir erklärt und meine Fragen dazu wurden beantwortet. Ich weiß, dass zukünftige Fragen ebenso vom Experimentator beantwortet werden. Mit meiner Unterschrift bestätige ich, dass ich an dem beschriebenen Laborexperiment teilnehmen möchte. Außerdem bestätige ich, nicht mit anderen Kollegen über die Details der Untersuchung während des laufenden Untersuchungszeitraums (bis 29.10.) zu sprechen. Eine Kopie wird mir am Ende der Sitzung zur Verfügung gestellt.

---

(Name und Unterschrift des Teilnehmers)

Braunschweig, \_\_\_\_\_

**Bestätigung des Experimentators:**

Ich bestätige, dass das Ziel und die Durchführung des geplanten Laborexperiments, sowie die potentiellen Vorteile und Risiken, die damit verbunden sind, den Teilnehmern erklärt worden sind. Ihre Fragen dazu wurden ebenfalls beantwortet.

---

(Name und Unterschrift des Experimentators)

Braunschweig, \_\_\_\_\_



## Anhang 13: Interview

### Fragebogen zum Experiment am Fahrsimulator zum Thema "Streckenkenntnis"

#### Angaben zur Person

1. **Fahren Sie im Personen- oder im Güterverkehr? \***

Hinweis: Mehrere Antworten möglich

☐ Personenverkehr

☐ Güterverkehr

☐ Beides

☐ Sonstiges

2. **Wie lange sind Sie schon als Triebfahrzeugführer tätig? \***

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

☐ unter 1 Jahr

☐ zwischen 1 und 5 Jahren

☐ über 5 Jahre

3. **Fahren Sie hauptberuflich oder nebenbei (ab und zu)? \***

Hinweis: Nur eine Antwort möglich

☐ hauptberuflich

☐ nebenbei

4. **Wie haben Sie Streckenkenntnis auf der Teststrecke erlangt? \***

☐ Eingeschränkte Streckenkenntnis

☐ Streckenkenntnis durch Mitfahrt/ selbständigen begleiteten Fahren

☐ Streckenkenntnis durch computerbasiertes Video

5. **Bitte geben Sie Ihr Alter an.**

### Fragen VOR dem Experiment

6. **Wie sicher fühlen Sie sich hinsichtlich des Fahrens am Simulator? \***

Hinweis: Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie sich überhaupt nicht sicher gefühlt haben, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie sehr sicher gefühlt haben. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstufen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	sehr unsicher	relativ unsicher	mal unsicher/ mal sicher	relativ sicher	sehr sicher
Gefühl mit dem Umgang mit dem Fahrsimulator	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. **Für alle Gruppen:  
Wie gut vorbereitet fühlen Sie sich auf die Teststrecke hinsichtlich der Streckenkenntnis? \***

Hinweis: Die Frage wird nach dem Erlangen der eingeschränkten Streckenkenntnis gestellt.

	sehr schlecht vorbereitet	schlecht vorbereitet	weder unvorbereitet/ noch vorbereitet	gut vorbereitet	sehr gut vorbereitet	keine Angabe
Gefühl der Vorbereitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. **Nur bei Versuchsteilnehmern der Gruppe Streckenkenntnis durch Mitfahrt oder durch computerbasiertes Video:  
Wie gut vorbereitet fühlen Sie sich auf die Teststrecke hinsichtlich der Streckenkenntnis?**

Hinweis: Die Frage wird nach dem Erlangen der Streckenkenntnis gestellt.

	sehr schlecht vorbereitet	schlecht vorbereitet	weder unvorbereitet/ noch vorbereitet	gut vorbereitet	sehr gut vorbereitet	keine Angabe
Gefühl der Vorbereitung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Fragen NACH dem Experiment: Fragen zur Teststrecke: NUR GRUPPE DER EINGESCHRÄNKTEN STRECKENKENNTNIS nach der 3. Fahrt

#### 9. Wie sicher haben Sie sich im Umgang mit der Strecke gefühlt?

Hinweis: Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie sich überhaupt nicht sicher gefühlt haben, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie sehr sicher gefühlt haben. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstufen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	sehr unsicher	relativ unsicher	mal unsicher/ mal sicher	relativ sicher	sehr sicher	keine Angabe
Gefühl mit dem Umgang mit der Strecke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### 10. Nennen Sie einen oder mehrere Gründe für Ihre Antwort auf die Frage nach dem Sicherheitsgefühl. Wählen Sie aus folgenden Gründen:

☐ Streckenkenntnis

☐ Testsituation

☐ Umgang mit dem Simulator

☐ Fahrverhalten des Zuges

☐ Bedienung des Führerstandtyps

☐ Andere

#### 11. Wie anstrengend haben Sie das Fahren auf der Strecke gefunden?

Hinweis: Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie es als sehr anstrengend empfanden, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie es überhaupt nicht anstrengend fanden. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstufen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	sehr anstrengend	etwas anstrengend	mal anstrengend/ mal nicht anstrengend	fast nicht anstrengend	gar nicht anstrengend	keine Angabe
Anstrengung beim Fahren der Strecke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### 12. Nennen Sie einen oder mehrere Gründe für Ihre Antwort auf die Frage nach der Anstrengung. Wählen Sie aus folgenden Gründen:

☐ Streckenkenntnis

☐ Testsituation

☐ Umgang mit dem Simulator

☐ Fahrverhalten des Zuges

☐ Bedienung des Führerstandtyps

☐ Andere

### Fragen NACH dem Experiment: Fragen zur Teststrecke (bei allen drei Gruppen nach der ersten Fahrt)

13. **Wie sicher haben Sie sich im Umgang mit der Strecke gefühlt? \***

Hinweis: Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie sich überhaupt nicht sicher gefühlt haben, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie sehr sicher gefühlt haben. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstufen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	sehr unsicher	relativ unsicher	mal unsicher/ mal sicher	relativ sicher	sehr sicher	keine Angabe
Gefühl mit dem Umgang mit der Strecke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. **Nennen Sie einen oder mehrere Gründe für Ihre Antwort auf die Frage nach dem Sicherheitsgefühl. Wählen Sie aus folgenden Gründen: \***

☐ Streckenkenntnis

☐ Testsituation

☐ Umgang mit dem Simulator

☐ Fahrverhalten des Zuges

☐ Bedienung des Führerstandtyps

☐ Andere

15. **Wie anstrengend haben Sie das Fahren auf der Strecke gefunden? \***

Hinweis: Ein Kreuz in der linken Spalte bedeutet, dass Sie es als sehr anstrengend empfanden, ein Kreuz in der rechten Spalte bedeutet, dass Sie es überhaupt nicht anstrengend fanden. Mit den Auswahlmöglichkeiten dazwischen können Sie die Häufigkeit abstufen. Ganz rechts (grau dargestellte Spalte) besteht die Möglichkeit keine Angabe zu machen.

	sehr anstrengend	etwas anstrengend	mal anstrengend/ mal nicht anstrengend	fast nicht anstrengend	gar nicht anstrengend	keine Angabe
Angstrengung beim Fahren der Strecke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. **Nennen Sie einen oder mehrere Gründe für Ihre Antwort auf die Frage nach der Anstrengung. Wählen Sie aus folgenden Gründen: \***

☐ Streckenkenntnis

☐ Testsituation

☐ Umgang mit dem Simulator

☐ Fahrverhalten des Zuges

☐ Bedienung des Führerstandtyps

☐ Andere

**Fragen NACH dem Experiment: Fragen zur Teststrecke (alle 3 Gruppen haben die Teststrecke dreimal gesehen)**

17. **Gab es Situationen, bei denen Streckenkenntnis wichtig war bzw. wichtig gewesen wäre? Wenn ja, welche und warum? \***

Hinweis: Diese Frage ist auf die Teststrecke bezogen.

**Fragen NACH dem Experiment: Fragen zum computerbasierten Training (alle 3 Gruppen haben die Teststrecke dreimal gesehen)**

18. **Stellen Sie sich vor, Sie könnten Streckenkenntnis durch ein computerbasiertes Video erlangen. Dies bedeutet, dass Sie die Strecke per Video mit zusätzlichen visuellen und auditiven Informationen kennenlernen. Wie müsste das computerbasierte Video aufgebaut sein? \***

Hinweis: Unter einem computerbasierten Video wird eine Videoaufnahme mit zusätzlichen Informationen zur Strecke verstanden.

19. **Können Sie sich vorstellen durch ein Verfahren mittels eines computerbasierten Videos Streckenkenntnis zu erlangen? \***

gar nicht      eher nein      vielleicht      eher ja      auf jeden Fall      keine Angabe

Erwerb Streckenkenntnis mittels computerbasierten Videos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

20. **Bitte begründen Sie Ihre Antwort bezüglich der Frage nach der Beurteilung des computerbasierten Verfahrens. \***

» [Umleitung auf Schlussseite von Umfrage Online \(ändern\)](#)

#### **Anhang 14: Beurteilung streckenkenntnisrelevanter Aspekte der Versuchsstrecke**

Im Kapitel 5.3.2.1 wurden die am häufigsten benannten streckenkenntnisrelevanten Aspekte der Versuchsstrecke aufgeführt. Hier sollen nun die übrigen, von einzelnen interviewten Tf benannten Aspekte aufgelistet werden (in den Klammern ist jeweils die Anzahl der Antworten angegeben):

- Eingleisiger Abschnitt ( $n = 3$ )
- Betriebliche Besonderheiten jeglicher Art ( $n =$  )
- Geschwindigkeitsübergänge ( $n = 2$ )
- An welcher Stelle Gegengleisfahrt möglich ist ( $n = 2$ )
- Topografie ( $n = 2$ )
- Fahrtanzeiger ( $n = 2$ )
- Kenntnis, dass die Fahrzeiten ausreichend sind / Puffer enthalten sind ( $n = 1$ )
- Langsamfahrstellen ( $n = 1$ )
- Prüfabschnitt 2000 Hz-Magnet ( $n = 1$ )

**Anhang 15: Begründung der Benennung der streckenkenntnisrelevanten Aspekte der Versuchsstrecke**

Mit der Frage 17 des Interviews benannten die Versuchsteilnehmer die für sie streckenkenntnisrelevanten Aspekte auf der Versuchsstrecke (siehe Kapitel 5.3.2.1). In der folgenden Tabelle sind die Begründungen der einzelnen Aspekte zusammengefasst.

Streckenkenntnisrelevanter Aspekt	Begründung Streckenkenntnisrelevanz
Steigung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnis, dass das Einleiten des Bremsvorgangs unnötig ist und die Zugkraft nicht vollständig zurückgenommen werden muss (u.a. energiesparender Grund und fahrdynamischer Grund (Halten der Geschwindigkeiten))</li> <li>• Wegen Sicherung des Zuges im Falle des Liegenbleibens</li> </ul>
Tunnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimales Bremsverhalten (fahrdynamischer Grund)</li> <li>• Esig ist wegen Bogen und Tunnel schlecht einsehbar</li> <li>• Besseres Einschätzen der Entfernung des Esig hinter dem Tunnel möglich (Kenntnis, dass Esig nicht im und nicht direkt nach dem Tunnel steht)</li> <li>• Bei evtl. schlechten Witterungsverhältnissen spielt Kenntnis eine Rolle</li> </ul>
Richtungsanzeiger	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine evtl. Fehlleitung kann erkannt und verhindert werden (Zeitersparnis im Falle einer Fehlleitung)</li> <li>• Durch die Kenntnis der Kennbuchstaben und deren erlaubte Geschwindigkeit verringert sich die Blickdauer und -häufigkeit in den Fahrplan bzw. ist nicht mehr notwendig (Sollgeschwindigkeit).</li> <li>• Durch die Kenntnis der Kennbuchstaben und deren Bedeutung weiß der Tf, ob er auf den richtigen Fahrweg eingelassen wird und sich somit auf dem richtigen Gleis befindet</li> <li>• Kenntnis über den eingestellten Fahrweg, die zulässigen Geschwindigkeiten und die Umleitestrecken</li> </ul>
BÜ (-kette)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie erfolgt Sicherung der BÜ im Haltefall oder beim Fahren unter 20 km/h</li> <li>• BÜ-Wiederholer erkennen</li> <li>• Kennen der Taster-Standorte um an der richtigen Stelle zu halten (im Haltfall, Störfall oder Dunkelheit)</li> <li>• Unfallgefahr mit PKW/ LKW</li> <li>• Gegebenheiten BÜ: Einschaltketten (Separater Hinweis wesentlich besser als nur im Fahrplan darauf hingewiesen zu werden)</li> </ul>
Bahnsteigstandorte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnis über Bremsenzeitpunkt/ Bremsverhalten, um korrekt zum Stehen zu kommen (betrieblicher Grund)</li> <li>• Kenntnis der Bahnsteiglänge bei kürzeren Bahnsteigen</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnis der Bahnsteiglänge und des genauen Halteortes am Bf, um korrekt zum Stehen zu kommen</li> <li>• Kenntnis, ob Bahnsteig in einer Neigung liegt</li> </ul>
Standort Haltepunkte / Bf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei Güterzügen muss nicht auf Hp geachtet werden (bereitete dem üblicherweise Güterzügen fahrenden Tf im Szenario Schwierigkeiten)</li> <li>• Es ist ohne Blicke in den Fahrplan schwierig zu erkennen, wo der Zug sich gerade befindet</li> <li>• Kenntnis darüber, ob und an welchen Hp / Bf zu halten ist, verringert die Blickdauer und -häufigkeit in den Fahrplan</li> </ul>
Signalstandorte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einschätzen der Lage der Signale</li> <li>• Bei Ks-Signalen inkl. Vorsignalfunktion ist mehr aufzupassen als bei Formsignalen (Können die Ausfahrt und die Einfahrt anzeigen)</li> <li>• Überprüfen der Signale auf Vorhandensein extrem verkürzter Signalabstände oder schlecht einsehbarer Signale</li> <li>• „Flüssigeres“ Fahren hinsichtlich der Fahrdynamik (fahrdynamischer Grund)</li> <li>• Besonders im Bf relevant: Kenntnis, ob es sich im Zwischen- oder Ausfahrtsignal handelt</li> <li>• Signalstandort ohne PZB-Überwachung (sicherheitsrelevanter Grund)</li> </ul>



**Anhang 16: Begründung der Nichtbenennung der streckenkenntnisrelevanten Aspekte der Versuchsstrecke**

Im Anhang 15 wurden die von den Tf benannten Aspekte dahingehend begründet, warum sie streckenkenntnisrelevant seien. In der folgenden Tabelle sind die Begründungen der Versuchsteilnehmer aufgeführt, warum sie bestimmte Aspekte nicht für streckenkenntnisrelevant erachteten.

Streckenkenntnisrelevanter Aspekt	Begründung keine Streckenkenntnisrelevanz
Steigung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnis über ein evtl. Gefälle ist wichtiger als Steigung, um die erlaubten Geschwindigkeiten nicht zu überschreiten (und entsprechend bremsen zu können)</li> <li>• Nur für (schwere) Güterzüge relevant (bei evtl. noch zusätzlich schlechten Witterungsbedingungen), um die Geschwindigkeiten annähernd zu erreichen (fahr-dynamischer Grund)</li> <li>• Es gehört zu den täglichen Aufgaben eines Tf, Steigungen zu befahren. Außerdem handelte es sich lediglich um eine und nicht um zwei Sägezahnlinien.</li> </ul>
Tunnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Begründung</li> </ul>
Eingleisigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Begründung</li> </ul>
Geschwindigkeitsübergänge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konnten dem Fahrplan eindeutig entnommen werden</li> </ul>
Bahnsteigstandorte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Begründung</li> </ul>
Hp Forstweg	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zunächst kann der Tf dazu verleitet werden auf die Streckenhöchstgeschwindigkeit zu beschleunigen, aus dem Fahrplan ist jedoch zu erkennen, dass dies nicht sinnvoll ist</li> </ul>

#### **Anhang 17: Vor- und Nachteile eines computerbearbeiteten Videos**

Die offene Frage 20 des Interviewbogens diente dazu eine umfangreiche Liste an Vor- und Nachteilen des CBT bzw. computerbearbeiteten Videos zu gewinnen, um diesbezüglich die eigenen Überlegungen um neue Aspekte zu ergänzen. Im Kapitel 5.3.2.3 wurden bereits die am häufigsten genannten Vor- und Nachteile aufgeführt.

Folgende Vorteile des Streckenkenntniserwerbs mittels CBT wurden von jeweils einem befragten Tf benannt:

- Die Qualität der Sichtverhältnisse ist besser als bei manchen Mitfahrten.
- Auch nach Streckenkenntniserwerb durch reales Fahren liegt keine 100%ige Streckenkenntnis vor. Diese kann erst nach häufigen Fahren der Strecke erlangt werden. Bei den ersten Fahrten nach Streckenkenntniserwerb wird ohnehin etwas vorsichtiger gefahren.
- Der optische Eindruck zählt und durch ein Video kann der Fahrplan real auf die Strecke umgesetzt werden.
- Kostengünstiger für Arbeitgeber
- Bessere Kontrolle des Tf durch Arbeitgeber dahingehend möglich, ob Tf wirklich Streckenkenntnis erwirbt (Voraussetzung: Video wird nicht zu Hause, sondern im Betrieb angeschaut)
- Das Video kann zu Haus angeschaut werden ohne extra fahren zu müssen.
- Gute Alternative, wenn nicht die Möglichkeit einer realen Fahrt besteht (z.B. Video Berlin: Weil nicht immer überall Züge fahren)
- Würde Vieles erleichtern

Im Folgenden werden die Nachteile aufgelistet, die nicht oft benannt worden sind (In Klammern ist jeweils die Anzahl der Befragten aufgeführt, die diesen Nachteil nannten.):

- Es kann nicht so viel aufgenommen werden / Entfernungen können nicht eingeschätzt werden ( $n = 3$ )
- Kein Tf als Ansprechpartner für aktuelle Fragen zur Strecke vorhanden (Die Video-Ersteller können nicht alle einzelnen Fragen der Tf kennen) ( $n = 3$ ).
- Anderer Aufmerksamkeitsgrad als bei Mitfahrt bewirkt nicht so gute Aufnahme (es wird auf andere Dinge geachtet) ( $n = 3$ )

Folgende Nachteile bei der Anwendung eines CBT wurden von zwei oder nur einem Tf genannt:

- Ohne Streckenkenntniserwerb durch Mitfahrt ist sicheres Fahren nicht möglich.
- Das Gefühl der Sicherheit eine Strecke zu befahren, kann nicht ohne das reale Fahren erlangt werden (nur Informationen sind nicht ausreichend).
- Keine Informationen, die nebenbei durch einen Tf mitgeteilt werden würden (z.B. Erfahrungswerte bei einer Steigung im Winter, Landwirtschaft, Hänge, Nebel, rutschige Stellen)
- Mitfahrt ist angenehmer und etwas Schönes

- Das Anschauen eines Videos ist ermüdend und nicht spannend.
- Gänzlich ohne Streckenkenntniserwerb durch Mitfahrt ist sicheres Fahren nicht möglich, da kein streckenkundiger Tf auf Stellen hinweisen könnte, an denen in der Vergangenheit schon etwas passiert ist und über die man sich in einem Gespräch näher unterhalten würde.
- Die Besonderheiten einer Strecke können besser beim selbständigen Fahren als beim Anschauen eines Videos oder einer Mitfahrt verinnerlicht werden.
- Bereits schlechte Erfahrung mit Streckenkenntniserwerb durch Video: Es war nichts zu erkennen (Signalbilder, Richtungsanzeiger, Hektometerzeichen)
- Keine Berücksichtigung der unterschiedlichen Witterungsverhältnisse / Sichtverhältnisse
- Keine Zeitersparnis gegenüber Mitfahrt und daher auch keine Notwendigkeit des Anschauens eines Videos
- Zeitverlust gegenüber Mitfahrt (durch Mitfahrt schnelleres und besseres Lernen)
- Der fehlende Rundumblick erfordert ein häufiges Vor- und Zurückspulen im Video um die Situation genau erfassen zu können.
- Fahrt wird mit nur einer Baureihe aufgezeichnet.
- Keine Brems- / Beschleunigungs- und Geschwindigkeitsanzeige

Es wurden zudem weitere Hinweise gegeben. Wenn mehr als ein Teilnehmer dieselbe Antwort gab, ist die Anzahl wiederum in Klammern angegeben:

- Geeignet zur Unterstützung oder Einführung; ersetzt jedoch keine Mitfahrt (mindestens eine Fahrt ist weiterhin notwendig) ( $n = 10$ )
- Geeignet zum Wiedererwerb der Streckenkenntnis ( $n = 2$ )
- Anwendung ist abhängig von der Auffassungsgabe des Tf: Es gibt diejenigen Personen, die etwas leicht auffassen / lernen (auch per Video), und es gibt Personen, denen es schwer fällt die Strecke nur durch ein Video kennenzulernen ( $n = 2$ )
- Abhängig von der Qualität / Ausarbeitung der Erklärungen im Video: Bei guten Erklärungen ist Streckenkenntniserwerb durch CBT vorstellbar, bei schlechten nicht.
- Die benötigten Informationen sind abhängig von der Art der Zuges (Reisezug oder Güterzug): Bei einem Reisezug sind Bahnsteige interessant, bei einem Güterzug hingegen Neigungen und verkürzte Signalabstände

#### **Anhang 18: Gestaltungsempfehlungen zu einem computerbearbeiteten Video**

Im Kapitel 5.3.2.4 wurden bereits die häufigsten Antworten zu der Frage „Wie müsste das computerbearbeitete Video aufgebaut bzw. gestaltet sein“ aufgeführt. Hier sollen nun die übrigen Antworten aufgelistet werden (die Antworten wurden von maximal 2 Teilnehmern angegeben):

- Gute Qualität (erkennbare Signale, Kilometeranzeigen)
- Zusätzliche Ausgabe eines Ausdruck der im Video angesprochenen Aspekte
- Nur Streckenaufzeichnung aus dem Führerstand nach vorn (kein Schwenken der Kamera)
- Zusätzliche Streckenaufnahmen nachts
- Hinterlegung von Textinformationen
- Streckenaufnahmen mit unterschiedlichen Witterungsverhältnissen
- Gestaltung durch Profis und Streckenexperten
- Sehr strukturierte Darstellung (abgeschwächte Version der ÖRil)
- Hinterlegung einzelner Ausschnitte der ÖRil
- Animationen
- Möglichkeit Notizen zu machen
- Möglichkeit das Video anzuhalten und wichtige Abschnitte zu wiederholen
- Streckenaufnahmen in beide Fahrtrichtungen
- Bahnhöfe und deren Besonderheiten müssen vollständig zu sehen sein
- Hinterlegen der Brems- / Beschleunigungs- und Geschwindigkeitsanzeige (besseres Einschätzen der verbleibenden Bremswege beim z.B. Bahnsteig: Pünktliches Fahren)
- Einblenden von zusätzlichen wichtigen Informationen
- Originalgetreue Videoaufnahme mit zusätzlich einem Tf, der die Strecke kennt

Ebenfalls Kapitel 5.3.2.4 erfolgte die Darstellung der häufigsten Antworten auf die Frage „Welche streckenkenntnisrelevanten Aspekte müssten im computerbearbeiteten Video berücksichtigt werden?“. Im Folgenden werden nun die von maximal 2 Befragten benannten Aspekte aufgelistet:

- Besonderheiten (allg.)
- Nicht zu viele Informationen, da sie bei einer weiteren Strecke nicht behalten werden können. Interessant waren sicherheitsrelevante Informationen (z.B. Signalstandorte, Vorsignalswiederholer beim Tunnelbereich), aber auch energiesparende Informationen (z.B. Beschleunigen, Steigung). BÜ oder Geschwindigkeitswechsel zu erwähnen war dahingegen absolut nicht notwendig, dies wird durch Anschauen des Videos ersichtlich.
- Geschichtliche Hintergrundinformationen (z.B. „früher war der Teilabschnitt zweigleisig bei der Strecke“ wie im Experiment)

- Informationen darüber, ob die Geschwindigkeit gerade im Video gehalten oder ob beschleunigt / gebremst wird
- Besonderheiten (Kennbuchstaben der Richtungsanzeiger, doppelte Vorsignalwiederholer)
- Zusatzinformationen über Signalstandorte und Geschwindigkeitswechsel
- Hinweise zu örtlich besetzten Stellwerken (wo sitzt dort der Fdl genau)
- Bahnsteige (Bahnsteiganfang, -ende)
- Schlecht einsehbare Dinge (z.B. Esig hinterm Tunnel hinter einer Rechtskurve)
- Besonderheiten auf der freien Strecke (z.B. BÜ-Ketten)
- Markante Stellen (nebelig, wo es glatt sein kann)
- Hinweise auf Zwischensignale
- Namen der Hp
- Informationen genauso wie im computerbearbeiteten Video des Experiments
- Besonderheiten (z.B. viel Laub im Herbst)